



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

LUIZ FELLIPE ALVES DE LIMA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CURA NAS PROPRIEDADES FÍSICA E
MECÂNICA DE BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS EM
BARREIRAS/BA.**

BARREIRAS-BA

2023

LUIZ FELLIPE ALVES DE LIMA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CURA NAS PROPRIEDADES FÍSICA E
MECÂNICA DE BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS EM
BARREIRAS/BA.**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do
Oeste da Bahia, como requisito parcial à obtenção do
grau de engenheiro civil.

Orientador: Kuelson Randello Dantas Maciel

BARREIRAS-BA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

L732 Lima, Luiz Fellipe Alves de.

Análise da influência da cura nas propriedades física e mecânica de blocos de concreto de vedação produzidos em Barreiras/BA. / Luiz Fellipe Alves de Lima – 2023.

62f.: 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 Randello Dantas. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 620.136

LUIZ FELLIPE ALVES DE LIMA

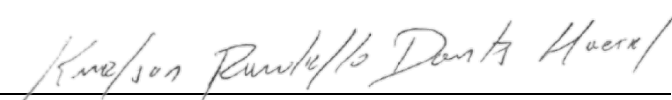
**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CURA NAS PROPRIEDADES FÍSICA E
MECÂNICA DE BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS EM
BARREIRAS/BA.**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do
Oeste da Bahia, como requisito parcial à obtenção do
grau de engenheiro civil.

Orientador: Kuelson Randello Dantas Maciel


Aprovada em: 26 de Junho de 2023

Banca Examindadora

Orientador: 

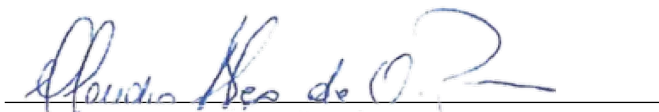
Ms. Kuelson Randello Dantas Maciel

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia



Dr. Elier Pavon de La Fe

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia



Ms. Cláudio Alex de Oliveira Pires

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão, primeiramente a Deus por tudo que ele fez em minha vida, pois sem Ele jamais chegaria onde estou hoje. E creio que essa etapa é apenas a passagem para um novo ciclo que se inicia.

À minha família por todo o apoio. Vejo que a minha família foi uma base fundamental para minha vida e formação pessoal. De forma especial aos meus pais, minha mãe Lusalene e meu pai Izaú, por todo investimento, palavra de inspiração, motivação, momentos de alegrias e paciência, a minha tia Renata por todo apoio nos momentos tristes e alegre, foi uma grande conselheira que auxiliou em todo esse processo acadêmico. Sem vocês jamais conseguiria realizar esse trabalho, obrigado por tudo amo vocês.

Desejo expressar minha gratidão ao professor Ms. Kuelson Randello, pela orientação, por sua dedicação, persistência, pelas cobranças e pela confiança depositada em mim a esse trabalho. Um sincero obrigado pela assistência em cada etapa desta pesquisa e pelos conselhos que contribuíram pelo meu crescimento profissional. E aos professores Dr. Elier Pavón e Me. Cláudio Alex de Oliveira Pires meus agradecimentos por toda ajuda e apoio durante a formação acadêmica e desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores que fizeram parte da minha formação acadêmica: minha eterna gratidão.

Agradeço a todos profissionais da construção civil que me auxiliaram na minha formação profissional durante meu estágio, obrigado por todo conhecimento, especialmente ao mestre Iran minha eterna gratidão a todo conhecimento técnico, conselhos, palavra de inspiração, por sempre mostra a realidade e a verdade de como fazer as coisas, além de um colega de trabalho um grande amigo. Além disso, às empresas Construvale e Construtiva pelas oportunidades de trabalho, e todo ensino.

Dirijo meus agradecimentos aos meus amigos Pastor Batista, Renan, José, Alan, Priscila e a todos colegas de turma que me ajudaram e participaram de alguma forma da minha história.

Agradeço ao Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias (CCET) da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), por ter proporcionado condições de desenvolver este trabalho.

“Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória e para sempre! Amém” Romanos 11:36.

RESUMO

A utilização de blocos de concreto para fins de vedação tem sido amplamente adotada no setor da construção civil, o que evidencia o crescente reconhecimento desse produto. Ele tem se destacado devido às suas vantagens, como a redução de custos da obra por meio da otimização do consumo de argamassa e a economia de material, além de proporcionar medidas mais uniformes, além de poder contribuir para a redução do tempo de execução da obra. O objetivo deste estudo é avaliar os blocos de concreto de vedação, com dimensões de 140x190x390 mm, produzidos e comercializados por uma fábrica localizada no município de Barreiras, Bahia. Os blocos foram submetidos aos processos de cura ao ar livre e cura submersa, e foram realizadas análises das dimensões, do desempenho físico aos 28 dias e do desempenho mecânico aos 7, 14 e 28 dias. Além disso, buscou-se também verificar como cada processo de cura influenciou nas propriedades físicas e mecânicas dos blocos. Em relação à absorção de água, verificou-se que os blocos submetidos à cura ao ar livre apresentaram uma taxa de absorção 19,15% maior em comparação aos blocos submetidos à cura submersa. Quanto à resistência à compressão, os blocos de vedação submetidos à cura submersa demonstraram valores 38% superiores em relação aos blocos submetidos à cura ao ar livre, considerando o período de 28 dias. Esses resultados indicam que a cura submersa contribui para uma menor absorção de água nos blocos e uma maior resistência mecânica, tornando-a uma opção mais favorável para a produção de blocos de vedação.

Palavras-chave: Bloco de concreto; Resistência à compressão; Cura.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PRINCIPAIS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES DE ALVENARIA E DESEMPENHO ESPERADO.....	16
QUADRO 2 – DIMENSÕES NOMINAIS DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	19
QUADRO 3 – DESIGNAÇÃO POR CLASSE, LARGURA DO BLOCO E ESPESSURA MÍNIMA DAS PAREDES DO BLOCO.....	20
QUADRO 4 – SIGLA E CLASSE DOS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	21
QUADRO 5 – REQUISITOS PARA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO, ABSORÇÃO E RETRAÇÃO.....	30
QUADRO 6: PROPRIEDADES DO CIMENTO PORTLAND CPV - ARI.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– FLUXOGRAMA DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.	32
FIGURA 2- CIMENTO CPV-ARI DA CIPLAN UTILIZADO NA PRODUÇÃO DOS BLOCOS.....	33
FIGURA 3- AREIA USADA PARA A FABRICAÇÃO DOS BLOCOS.	34
FIGURA 4- REPRESENTAÇÃO DO PÓ DE BRITA USADO NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS.	35
FIGURA 5- BRITA USADA PARA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS.....	35
FIGURA 6 - ENSAIO NO FRASCO DE CHANPMAN	36
FIGURA 7- PESAGEM DA BRITA DURANTE O ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA.....	37
FIGURA 8 - AGREGADO MIÚDO NAS PENEIRAS	38
FIGURA 9 - AGREGADO GRAÚDO NAS PENEIRAS	38
FIGURA 10 - MISTURA DOS AGREGADOS MAIS CIMENTO.....	40
FIGURA 11 - DESLOCAMENTO DO MATERIAL ATÉ O MISTURADOR.	40
FIGURA 12 - HOMOGENEIDADE DOS MATERIAIS NO MISTURADOR.....	40
FIGURA 13 – Prensagem dos blocos de concreto.....	41
FIGURA 14 – Armazenamento e início da cura dos blocos de concreto.....	41
FIGURA 15- Cura inicial dos blocos de concreto.	42
FIGURA 16- BLOCOS EM CURA AR LIVRE.	43
FIGURA 17- BLOCOS EM CURA SUBMERSA.....	43
FIGURA 18 - REPRESENTAÇÃO DOS LOCAIS A SEREM TIRADAS AS MEDIDAS.	44
FIGURA 19 - ANÁLISE DIMENSIONAL.....	44
FIGURA 20 – ENSAIO DE ABSORÇÃO INICIAL DE ÁGUA.	45
FIGURA 21 - AMOSTRAS DOS BLOCOS NA ESTUFA	46
FIGURA 22 - AMOSTRAS SATURADAS	47
FIGURA 23– CAPEAMENTO DOS BLOCOS.	48
FIGURA 24– Prensa de rompimento do bloco de concreto à compressão.....	49
FIGURA 25- RUPTURA DOS BLOCO DE CONCRETO.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: MASSA ESPECÍFICA DOS INSUMOS.	52
TABELA 2: DIMENSÕES DE BLOCOS.	53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CURVA GRANULOMÉTRICA DA AREIA.....	50
GRÁFICO 2 – CURVA GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE BRITA.	51
GRÁFICO 3 – CURVA GRANULOMÉTRICA DA BRITA.	51
GRÁFICO 4 – CURVA GRANULOMÉTRICA DA MISTURA.	52
GRÁFICO 5 – ÍNDICE DE ABSORÇÃO INICIAL.....	53
GRÁFICO 6 – ABSORÇÃO DE ÁGUA.	55
GRÁFICO 7– TEOR DE UMIDADE.....	55
GRÁFICO 8 – POROSIDADE APARENTE.....	56
GRÁFICO 9 – RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	JUSTIFICATIVA	14
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 SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL	15
2.3	BLOCOS CERÂMICOS	16
2.4	BLOCOS DE CONCRETO	17
2.5	PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO	17
2.5.1	SURGIMENTO E EVOLUÇÃO	17
2.5.2	DIMENSÕES	19
2.5.3	INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS CONCRETO	20
2.5.4	CURA	25
2.5.5	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	32
3.2	MATERIAIS	33
3.2.1	CIMENTO	33
3.2.2	AGREGADOS	34
3.2.3	ADITIVO	39
3.2.4	ÁGUA	39
3.3	PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO	39
3.3.1	PREPARO DA MISTURA	39
3.3.2	PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM E DESMOLDAGEM DO BLOCO DE CONCRETO	41
3.3.3	CURA INICIAL	42
3.3.4	CURA FINAL	42

3.4	PROPRIEDADE FISICA E MECÂNICAS DOS BLOCOS DE CONCRETO	43
3.4.1	ANÁLISE DIMENSIONAL	43
3.4.2	ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL	44
3.4.3	ENSAIO DE TEOR DE UMIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA	45
3.4.4	POROSIDADE APARENTE	47
3.4.5	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	47
4	RESULTADOS E DISCURSSÕES	50
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS MATERIAIS PRIMAS E DETERMINAÇÃO DO TRAÇO DO BLOCO	50
4.2	ANÁLISE DIMENSIONAL	53
4.3	ABSORÇÃO INICIAL DE ÁGUA	53
4.4	TEOR DE UMIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA	54
4.5	POROSIDADE APARENTE	55
4.6	RESISTÊNCIA A COMPREENSÃO	56
	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A alvenaria é um ramo da construção civil é realizada pelo homem desde a antiguidade até os dias atuais. Nesse sentido, ao passar do tempo, em particular, nas últimas décadas houve uma evolução no setor da construção civil o que promoveu uma evolução dessa atividade. De acordo com Souza (2002), as alvenarias são um dos processos construtivos mais comuns para a construção de paredes. Sua principal função é separar o espaço exterior do interior, além de proporcionar a compartimentação dos espaços internos.

Os blocos de concreto surgiram em meados do século XX e se tornaram uma alternativa popular no setor da construção civil, muitas vezes substituindo o tijolo cerâmico como componente da alvenaria. Esses blocos são produzidos em fábricas que empregam diferentes processos, desde prensas artesanais até instalações industriais altamente automatizadas. Essa variedade de processos resulta em uma ampla gama de tipos de blocos, adequados para diversas aplicações na construção civil. (SEBRAE, 2017).

O bloco de concreto de vedação é um dos materiais usados na construção civil para garantir uma qualidade, segurança e conforto à edificação. Gonçalves (2012) esclarece que, os blocos de concreto vêm sendo utilizados em larga escala nos últimos tempos, por serem produtos com boa resistência a pressões do tempo e do clima, apresentando ainda uma produção mais sustentável, haja vista que, não utiliza a terra como matéria-prima, sendo utilizado areia e cimento.

Gonçalves (2012) também menciona que, todas as vantagens técnicas dos blocos de concreto oportunizam e viabilizam a sua produção, o que gera o aproveitamento das oportunidades de negócios, possibilitando a sua comercialização em um mercado competitivo, e que demanda profissionalização e domínio das técnicas.

Para garantir um bom processo de produção de blocos de concreto de vedação, é necessário levar em consideração alguns critérios essenciais. Isso inclui a capacidade de investimento, a possibilidade de expansão, a contratação de pessoal qualificado e a análise da concorrência. Além disso, é fundamental considerar aspectos relacionados à distribuição, adequação dos produtos às demandas do mercado, eficiência na produção, atualização tecnológica e estratégias de vendas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A falta de qualidade de blocos de concreto de vedação disponíveis no mercado geralmente está relacionada a erros de execução, planejamento e outros fatores. Conforme apontado por Rebouças (2019), a maioria das empresas que fabricam esses blocos não realiza ensaios e controle tecnológico para verificar a qualidade dos materiais utilizados. Além disso, a falta de dosagem adequada e a execução inadequada dos processos de cura também contribuem para a baixa qualidade dos produtos.

Diante desse cenário, se faz necessário realizar uma verificação das dimensões e das propriedades físico-mecânicas dos blocos comercializados no município de Barreiras/BA a fim de verificar se os produtos atendem às características mínimas para a construção civil estabelecidas pela NBR 6136:2016 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos.

Além disso, também é importante verificar as condições de cura dos blocos, levando em consideração as condições climáticas do município, a fim de comparar métodos de cura distintos e verificar a influência de cada um na qualidade final do bloco de concreto de vedação.

1.3 HIPÓTESES

Como hipótese que norteia essa pesquisa, temos que os blocos de concreto de vedação, produzidos e comercializados por uma empresa em Barreira/BA e utilizados em algumas edificações da cidade, têm as dimensões padronizadas e a resistência mecânica, a absorção e umidade e os processos de produção estão de acordo com os parâmetros normativos da NBR 6136/2016.

1.4 OBJETIVOS

Avaliar como a cura influencia nas propriedades físicas e mecânicas dos Blocos de concreto de vedação comercializados em uma empresa no município de Barreiras/BA.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar in loco as dimensões dos blocos de concreto de vedação comercializados em uma empresa na cidade de Barreiras/BA;
- Determinar a resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias dos blocos;
- Analisar a absorção inicial da água, absorção de água, o teor umidade e porosidade aos 28 dias dos blocos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, serão abordadas estudo sobre a fundamentação teórica sobre os blocos de alvenaria de vedação, a origem e evolução dos blocos de concreto. Também serão mencionadas as características dos insumos utilizados na produção desses blocos e os ensaios realizados para o controle técnico, conforme as normas e requisitos estabelecidos. Essas informações são fundamentais para compreender a importância da qualidade dos blocos de concreto na construção civil e como os processos de produção e as propriedades físicas e mecânica essenciais para garantir a conformidade e a segurança dos blocos de concreto.

2.1 ALVENARIA

De acordo com Thomaz et. al. (2009) a alvenaria convencional também conhecida como alvenaria de vedação é aquela responsável por dividir espaços e preencher vãos de estruturas aço, concreto armado entre outros. Além disso, ela não trabalha de forma a suportar cargas verticais calculadas na estrutura e sendo assim, precisam servir de suporte apenas para seu peso próprio e para as cargas de utilização do ambiente.

Ainda segundo os mesmos autores a alvenaria convencional ou de vedação é frequentemente acompanhante de estruturas de concreto e de estruturas de aço. Sendo que essas estruturas tem a finalidade de receber as cargas verticais calculadas da edificação e transferi-la aos componentes de fundação utilizados na mesma. Nesse sentido, as cargas não passam pela alvenaria e evitam, assim, o rompimento da mesma, uma vez, que ela não possui função estrutural dentro da edificação.

Segundo Moliterno (1995) há, também, outros tipos de alvenaria de vedação que utilizam outros modelos de blocos, além dos cerâmicos e elas, classificadas de acordo com sendo elas a alvenaria de blocos de concreto leve utilizada como vedação e com blocos comercialmente conhecidos como bloco de cebebeton ou pumex; e taipa de mão, que não é mais comumente, mas ainda encontrada em algumas regiões do Brasil, era utilizada como vedação em elementos de madeira e que recebia armações de ripas de bambu para dar solidariedade aos painéis de parede.

2.2 ALVENARIA SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL

De acordo com Milito (2006), as paredes utilizadas como elemento de vedação devem possuir características técnicas como resistência mecânica, isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, estanqueidade e durabilidade.

Segundo Souza (2002) as alvenarias são processo construtivos que tem mais frequência para a realização de paredes. Sendo que a alvenaria tem a finalidade de separa o espaço exterior do interior, além de efetuar a compartimentação dos espaços internos. Mesmo tendo diferenças importantes entre as exigências funcionais aplicáveis às paredes exteriores e interiores é representado no Quadro 1 as mais importantes, assim como, o desempenho esperado sob o ponto de vista qualitativo.

Quadro 1 - Principais exigências funcionais das paredes de alvenaria e desempenho esperado.

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS	DESEMPENHO ESPERADO
Estabilidade	Bom a excelente
Segurança ao fogo	Excelente
Estanquidade a água (quando revestida)	Boa
conforto térmico	Regular a bom
Conforto acústico	Regular a bom (isolamento a sons aéreos)
Durabilidade	Boa a excelente
Manutenção	Baixos custos
Higiene	Deficiente (Deve ser recoberta por película impermeável a água)
Estética	Regular a excelente

Fonte: Adaptado de Souza (2002).

Somado a isso, pode-se destacar que a vedação em alvenaria é ainda considerada responsável por parcela expressiva do desperdício verificado nas obras de construção de edifícios, atingindo desperdícios médios de tijolos/blocos de até 17% e de argamassa de até 115%. Nesse viés, a racionalização das alvenarias de vedação é destacada como fundamental para o atendimento dos requisitos de custo, prazo e qualidade (Correia et al., 2009).

2.3 BLOCOS CERÂMICOS

Os blocos cerâmicos são peças que possuem um formato de um prisma reto, com paredes vazadas ou maciças e podem apresentar furos vazados prismáticos ao longo de seu comprimento. Além disso, são componentes básicos para alvenaria estrutural ou de vedação com suas especificações estabelecidas conforme a NBR 1570-1: Blocos e Tijolos para Alvenaria (ABNT, 2017).

Ademais, os blocos cerâmicos são usados na construção civil pois apresentam uma boa resistência à compressão, serem leves, possuem isolamento acústico, facilidade de qualificação de mão-de-obra, além disso tem baixo custo-benefício em relação aos outros blocos. De acordo com Fernandes et. al. (2016) outras vantagens do bloco cerâmico são excelente durabilidade, a

facilidade de composição de elementos de qualquer forma e dimensão e a maior aceitação no mercado.

Segundo Inmetro (2001) os blocos cerâmicos têm uma resistência característica e varia de 1,5 MPa a 3 MPa e são usados para execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação. Porém, os blocos com função estrutural têm resistência característica mínima a partir de 4 MPa sendo que exercem função de vedação além de serem usados em paredes com função estrutural podendo assim substituir pilares e vigas de concreto.

2.4 BLOCOS DE CONCRETO

De acordo com a norma NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria (ABNT, 2016), os blocos de concretos podem ser classificados em três classes distintas, sendo quanto a função estrutural ou vedação e quanto ao uso sendo ele acima ou abaixo do nível do solo, sendo dividido em classes A, B ou C.

- Classe A: Possuem função estrutural, podem ser usados abaixo do nível do solo e devem possuir uma resistência a compressão mínima de 8 MPa;
- Classe B: Também possuem função estrutural. São usados somente acima do nível do solo e devem possuir uma resistência a compressão entre 4MPa e 8 MPa;
- Classe C: Possuem resistência à compressão menor ou igual a 4 MPa e podem ou não ter função estrutural, sendo enquadrado nos seguintes critérios:
 - Para os blocos de largura de 90 mm fica restrito o uso apenas para edificações de um pavimento;
 - Para os de 115 mm de largura pode-se usar em até dois pavimentos de uma edificação e;
 - Para os blocos de largura entre 140 mm a 190 mm, pode-se usar em edificações de até 5 pavimentos no máximo.

2.5 PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

2.5.1 SURGIMENTO E EVOLUÇÃO

De acordo com Nonato (2013) ao longo dos séculos as técnicas construtivas foram evoluindo e trazendo resultados satisfatórios. As grandes catedrais dos séculos XII e XVII e que estão até os dias atuais intactas representam esse desenvolvimento das técnicas construtivas. A Catedral de Reims, é um exemplo de uma estrutura de alvenaria, ela foi

construída por volta dos anos de 211 e 1300 d.C. sendo uma representação da técnica de conseguir vencer grandes vãos apenas com estruturas comprimidas.

A técnica da alvenaria de blocos perdurou até o final do século XIX como material estrutural, que por falta de procedimentos de dimensionamento, eram demasiadamente robustas e antieconômicas. Foi nesta época que surgiram as estruturas de aço e concreto, que apresentaram novos arranjos de formas embasadas em teorias de cálculos, fazendo com que a alvenaria estrutural ficasse em segundo plano.

Os blocos de concreto para alvenaria foram idealizados pelos ingleses, em 1832. Nessa época, eram feitos de forma maciça. Em 1850, foi patenteado o bloco vazado para alvenaria, também pelos ingleses. Hoje em dia, os blocos de concreto são utilizados praticamente no mundo todo, com destaque para Estados Unidos, Alemanha, Itália e Japão. (FERNANDES, 2012).

Atualmente, a Europa e os Estados Unidos são líderes na evolução dos equipamentos utilizados na fabricação de blocos de concreto. Essas regiões possuem avançada tecnologia para produção, contando com instalações automatizadas e se beneficiando do acesso a diversos catálogos, revistas e feiras que promovem os produtos e o sistema construtivo. Esses avanços têm contribuído para que o método construtivo com blocos de concreto se destaque na indústria da construção civil nesses países. (FERNANDES, 2012).

Tal método construtivo passou a ser usado no Brasil por volta de 1940 com a construção de 2.400 residências do conjunto habitacional do Realengo, na Cidade do Rio de Janeiro. (LORDSLEEM JÚNIOR, 2008)

No Brasil, a alvenaria estrutural viveu seu auge na década de 80, pois várias construtoras e fabricante de blocos investiram na tecnologia com a finalidade de que se tornasse mais vantajosa. (PRUDÊNCIO JR, OLIVEIRA, BEDIN, 2002).

De acordo com Rocha (2013), logo após a primeira guerra mundial, a instalação de uma indústria de cimento Portland no Brasil foi implantada e assim o uso de estruturas em concreto armado passou a ser realizado, tendo assim construção de prédios de grandes alturas como o Edifício Martinelli de 30 andares, em São Paulo. A construção dessa obra teve início em 1922 e foi inaugurada de forma acelerada em 1929, com apenas 12 andares concluídos. Sua finalização ocorreu em 1934. É importante destacar que, entre os anos de 1934 e 1947, esse edifício foi o arranha-céu mais alto do país e por um período foi também o mais alto da América Latina.

No ano de 1966 foi realizado a construção do Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa” com um complexo de 4 prédios com 12 andares, sendo ele construído na alvenaria armada com blocos (SILVA, 2014).

No ano de 1977 foi constituída a primeira comissão de norma para projeto em alvenaria estrutural. Porém, a primeira norma sobre o projeto foi em 1989 e específica sobre a utilização de blocos de concreto. Devido à ausência de estudos, normas e cálculos, a construção civil teve falhas. Na atualidade, no Brasil, várias edificações são feitas de alvenaria estrutural. (ROCHA,2013).

2.5.2 DIMENSÕES

De acordo com a especificação da NBR 15873/2010 - Coordenação Modular para Edificações (ABNT, 2010), os blocos são medidos modulares as quais devem atender ao módulo básico de 100 mm e os seus submódulos, sendo as dimensões de largura (b), altura (h) e comprimento (l) que atendem ao modulo básico, de acordo à NBR 6136:2016.

As dimensões reais dos blocos podem ser obtidas diretamente a partir das peças, com auxílio de instrumento adequado. Já as dimensões nominais são aquelas estabelecidas pelo fabricante e devem seguir os padrões descritos no quadro 2, que define as dimensões modulares e submodulares dos blocos de concreto vazado, estabelecidas na NBR 6136:2016.

Quadro 2 – Dimensões nominais dos blocos de concreto.

Familia		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento. NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873. NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.										

Fonte: NBR 6136 (2016)

O Quadro 3 representa a espessura mínima de qualquer parede de bloco. A tolerância permitida nas dimensões das paredes é de $\pm 1,0$ mm para cada valor individual, segundo a NBR 6136:2016.

Quadro 3 – Designação por classe, largura do bloco e espessura mínima das paredes do bloco.

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

Fonte: NBR 6136 (2016)

2.5.3 INSUMOS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS CONCRETO

2.5.3.1 CIMENTO

De acordo com a NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos, o cimento Portland (ABNT, 2018) é um aglomerante hidráulico produzido através da moagem do clínquer, adicionando-se a quantidade adequada de um ou mais sulfatos de cálcio durante o processo. Além disso, durante a etapa de moagem, é permitido incorporar materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto forno e materiais carbonáticos, resultando nos cimentos compostos. O Quadro 4 apresenta as diferentes classes e siglas utilizadas para categorizar os tipos de cimento.

Quadro 4 – Sigla e classe dos tipos de cimento Portland

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de resistência	Sufixo
Cimento Portland comum	Sem adição	CP I	25, 32 ou 40 ^c	RS ^a ou BC ^b –
	Com adição	CP I-S		
Cimento Portland composto	Com escória granulada de alto forno	CP II-E		
	Com material carbonático	CP II-F		
	Com material pozolânico	CP II-Z		
Cimento Portland de alto-forno		CP III		
Cimento Portland pozolânico		CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V	ARI ^d	
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40 ^c	
	Não estrutural	CPB	–	–

Fonte: NBR 16697 (2018)

Padilha et. al (2017) realizaram um estudo comparativo da resistência à compressão de blocos de concreto produzidos com diferentes cimentos dosados em ambiente de fábrica com os agregados da própria. Utilizando dos cimentos CPIIF-32, CPIV-32 e CPV-ARI e obtendo as resistências à compressão de 10,02 MPa, 11,07 MPa e 11,9 MPa, respectivamente para o traço 1:6, e de 9,21 MPa, 11,39 MPa, 7,08 MPa, respectivamente para o traço de 1:8.

Com base nos resultados obtidos, os autores concluem que, ao analisar os concretos produzidos com o cimento CPIV-32, observou-se uma tendência de crescimento das resistências muito semelhante nas famílias 1:6 e 1:8. Por outro lado, para o cimento CPV ARI, foi observado que o traço 1:6 apresentou a maior resistência aos 28 dias, alcançando 11,90 MPa, o mesmo valor obtido pela família 1:6. Isso indica que o cimento CPV ARI é mais eficaz em termos de resistência quando utilizado no traço 1:6.

Ainda segundo Padilha et al. (2017), foi observado que os blocos produzidos com a proporção de 1:6 apresentaram um consumo maior de cimento, resultando em um custo mais elevado em comparação com a proporção de 1:8. No entanto, os blocos de concreto com traço 1:8 atingiram a resistência mínima estrutural requerida pela norma (CPII F 32 = 9,21 MPa; CPIV 32 = 11,39 MPa; CPV ARI = 7,08 MPa), indicando que essa proporção é adequada para uso estrutural e mais econômica. Além disso, a análise comparativa entre os tipos de cimento revelou que seus comportamentos mecânicos foram semelhantes, embora o CPII F 32 seja mais difícil de ser adquirido, enquanto o CPV ARI possui maior tradição de uso em fábricas de elementos pré-moldados.

2.5.3.2 AGREGADOS

Segundo Sbrighi Neto (2011), os agregados podem ser classificados em naturais, britados, artificiais e reciclados. Os agregados naturais são aqueles encontrados na natureza e que podem ser utilizados sem a necessidade de beneficiamento adicional, exceto pela lavagem, exemplo a areia de rio. Por outro lado, os agregados britados precisam passar por um processo de cominuição, geralmente por meio de britagem, para se adequar ao uso como agregados para concreto. Exemplos de agregados britados incluem pedras britadas, pedrisco, pedregulho britado, entre outros.

Os agregados artificiais são obtidos por meio de processos industriais, como a de argila expandida, folhelho expandido por tratamento térmico e a vermiculita expandida. Por sua vez, os agregados reciclados são constituídos por resíduos granulares provenientes da indústria ou da construção civil, e apresentam propriedades adequadas para serem utilizados como agregados. Um exemplo de agregado reciclado é a escória de alto forno.

De acordo com a NBR 9935: Agregados – Terminologia (ABNT, 2011), os grãos dos agregados podem ser classificados em dois tipos com base no tamanho. Os agregados graúdos são aqueles cujos grãos passam por uma peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos em uma peneira com abertura de malha de 4,75 mm. Já os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam por uma peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos em uma peneira com abertura de malha de 150 μ m.

A resistência à compressão, resistência à abrasão e o módulo de elasticidade do agregado são propriedades interligadas e muito influenciadas pela porosidade do agregado (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

De acordo com Sbrighi Neto (2011), os agregados naturais que normalmente são usados na produção do concreto possuem uma resistência mecânica elevada em relação ao concreto sendo que raramente isso se constitui um fator limitante.

No estudo realizado por Soares (2023), foi investigado o efeito da substituição parcial e total do agregado miúdo por resíduos de telha cerâmica em blocos de concreto. Foram utilizadas duas proporções de substituição: 50% e 100% em volume. Os blocos de referência, sem substituição de agregados, foram utilizados como comparação. Os resultados obtidos demonstraram que os blocos de referência apresentaram uma resistência de 2,71 MPa. Já os blocos com 50% de substituição de agregado alcançaram uma resistência de 1,13 MPa, enquanto os blocos com substituição total atingiram uma resistência de 1,31 MPa.

De acordo com os resultados obtidos e considerando os requisitos da norma ABNT NBR 6136:2016, que estabelece a resistência mínima de 3,0 MPa aos 28 dias para blocos sem função estrutural (classe C), a autora constatou que tanto os blocos com substituição de 50% quanto os com substituição de 100% do agregado não alcançaram a resistência desejada, indicando que os resultados não foram satisfatórios nesse aspecto, não atingindo o valor desejado.

Desse modo, esse estudo realizado demonstra a influencia do agregado no ensaio de resistência a compressão de blocos de concreto e, neste caso, como a substituição parcial e total do agregado miúdo por resíduos de telha cerâmica afetou negativamente a resistência à compressão dos blocos de concreto.

2.5.3.3 ADITIVOS

De acordo com a norma NBR 6136:2016 os aditivos não podem conter substâncias potencialmente capazes de promover a deterioração do concreto dos blocos ou materiais próximos, quer por contato direto, quer por disseminação de íons.

Os aditivos plastificantes ou redutores, são compostos orgânicos e substâncias tensoativas. Esses em solução aquosa como o concreto, revestem os grãos de cimento e agem por meio de repulsão, melhorando a fluidez apesar de reduzir a quantidade de água. (BAUER 2000).

De acordo com a NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland (ABNT, 2011), aditivos são classificados em:

- Aditivo redutor de água (plastificante): aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite reduzir o conteúdo de água de um concreto, o que proporciona o abatimento e a fluidez.
- Aditivo de alta redução de água (superplastificante tipo 1): aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite elevada redução no conteúdo de água de um concreto.
- Aditivo de alta redução de água (superplastificante tipo 2): aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco permite uma elevadíssima redução no conteúdo de água de um concreto.
- Aditivo incorporador de ar: aditivo que permite incorporar, durante o amassamento do concreto, uma quantidade controlada de pequenas bolhas de ar, uniformemente distribuídas, que permanecem no estado endurecido.

- Aditivo acelerador de pega: aditivo que diminui o tempo de transição do estado plástico para o estado endurecido do concreto.
- Aditivo acelerador de resistência: aditivo que aumenta a taxa de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto, com ou sem modificação do tempo de pega.
- Aditivo retardador de pega: aditivo que aumenta o tempo de transição do estado plástico para o estado endurecido do concreto.
- Aditivo redutor de água e retardador de pega (plastificante retardador): aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água/plastificante (função primária) e os efeitos de um aditivo retardador de pega (função secundária).
- Aditivo de alta redução de água e retardador de pega (superplastificante tipos 1 e 2): aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água de elevado desempenho/superplastificante (função principal) e os efeitos de um aditivo retardador de pega (função secundária).
- Aditivo redutor de água e acelerador de pega (Plastificante acelerador): aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água /superplastificante (função principal) e os efeitos de um aditivo acelerador de pega (função secundária).
- Aditivo de alta redução de água e acelerador de pega (Superplastificante acelerador tipos 1 e 2): aditivo que combina os efeitos de um aditivo redutor de água/superplastificante (função principal) e os efeitos de um aditivo acelerador de pega (função secundária).

No estudo realizado pelas autoras Gonçalves et al. (2020) sobre a influência do aditivo incorporador de ar nas propriedades dos blocos de concreto, os resultados obtidos para os blocos convencionais estavam em conformidade com a norma. Por outro lado, os resultados para os blocos de concreto com adição do incorporador de ar foram surpreendentes, apresentando um aumento significativo na resistência, com um valor de F_{ck} de 7,62 MPa em comparação com os 5,74 MPa dos blocos convencionais. Isso indica que o ar incorporado teve um efeito relevante, demonstrando que a porcentagem utilizada na mistura teve efeitos positivos nos blocos estudados. Além disso, as autoras destacam a possibilidade de combinação do aditivo com diferentes materiais, o que pode agregar novas características aos efeitos do aditivo.

Diante de tal estudo pode-se observar que o uso de aditivo em blocos de concreto altera de forma significativa na propriedade mecânica dos blocos, sendo assim um fator importante a ser observado para usar na produção de blocos de concreto.

2.5.3.4 ÁGUA

De acordo com os parâmetros normativos da NBR 6136:2016 a água a ser usada deve ser limpa e isenta de produtos nocivos à hidratação do cimento. A quantidade de água da mistura está relacionada aos materiais utilizados bem como o tipo de equipamento da fábrica, sendo estabelecida pela própria fábrica. (PRUDÊNCIO JR, OLIVEIRA, BEDIN, 2002).

2.5.4 CURA

A cura é um processo que engloba um conjunto de processos que tem o objetivo de proporcionar, durante um intervalo de tempo, condições necessárias de umidade, temperatura e pressão. Sendo que a escolha de um processo adequado de cura pode reduzir o consumo de cimento e em um menor tempo de cura ter como resultado menor tempo de permanência dos blocos na fábrica (TANGO, 1984 apud SOUSA, 2001, p. 16).

Segundo Fernandes (2012), o processo de cura dos blocos de concreto tem a finalidade de proporcionar condições adequadas de umidade e temperatura para que possa obter um ganho de resistência das peças, ou seja, o máximo endurecimento do concreto.

Os autores Palma et al. (2012) realizaram um estudo da influência de sistemas de cura em blocos de concreto na resistência a compressão sendo feita uma cura natural e cura térmica. Tendo como resultado a resistência a compressão de 2,59 MPa para cura natural aos 7 dias e 4,14 MPa para cura térmica aos 4,14 MPa aos 7 dias.

Dessa maneira os autores descrevem que para as duas curas o coeficiente de variação foi aceitável e o desvio padrão da média foi pequeno, denotando a qualificação do ensaio. Observar-se que o sistema de cura natural foi o que apresentou menor resistência mecânica para as duas idades. Quanto à cura térmica nota-se considerável aumento da massa dos blocos indicando diminuição da porosidade e maior resistência mecânica.

A cura térmica, portanto, foi a que apresentou maior eficiência para as duas idades desenvolvendo maior resistência mecânica nos blocos. Diante desse contexto pode-se concluir que a cura é um fator de grande relevância para o alto desempenho de resistência a compressão dos blocos de concreto.

2.5.4.1 SUBMERSA

A cura submersa se baseia na imersão total dos blocos de concreto em um tanque de água limpa. De acordo com Bauer (2012) esse tipo de cura é o método ideal pois melhora as características do concreto, todavia apresenta pouca praticidade para ser usada no dia a dia.

Segundo Oliveira (2015) em seu estudo de blocos de concreto os blocos que tiveram uma cura submersa atingiram valores superiores a cura em ar livre em relação a resistência a compressão. Isso ocorre devido o processo de hidratação dos blocos o que garante um preenchimento dos vazios e assim um ganho significativo na resistência do bloco.

2.5.4.2 AR LIVRE

A cura em ar livre é aquela que consiste em deixar os blocos em um local aberto ao ar livre com a temperatura ambiente. Segundo Medeiros (1994) essa cura que não necessita de tecnologia por ser bem simples de realizar, porém necessita de máquinas para o transporte e empilhamento dos blocos ainda frescos, além de um espaço de estocagem dos blocos frescos nas suas primeiras 24 horas após a fabricação.

Segundo Medeiros (1993) na cura em ar livre do concreto não são tomados cuidados especiais para evitar a evaporação prematura da água. Recomenda-se apenas que os blocos permaneçam protegidos do vento e da insolação direta, pelo menos durante os primeiros dias.

De acordo com Tango (1994), a cura natural é bastante utilizada em situações onde as exigências de desempenho para os blocos são menores e as condições climáticas favorecem o rápido endurecimento do concreto como clima quente, grande incidência de vento e baixa umidade relativa do ar.

2.5.5 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

2.5.5.1 ANÁLISE DIMENSIONAL

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 6136:2016, os blocos de concreto devem apresentar arestas vivas e não devem possuir trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento, bem como comprometer a resistência e a durabilidade da construção. É importante que esses blocos estejam em conformidade com os critérios de tolerância dimensional definidos pela norma, os quais são ± 2 mm para a largura e ± 3 mm para a altura e comprimento, conforme indicado no quadro 3. A análise dimensional tem como objetivo verificar se os blocos em estudo estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela norma NBR 6136:2016.

Conforme os autores Correia et. al (2011) foi realizado um estudo das dimensões de blocos de vedação produzidos na cidade de Itapecuru Mirim - Ma, De acordo com a análise deles as amostras apresentaram largura dentro da faixa de tolerância (± 3 mm), enquanto a altura de algumas amostras e o comprimento apresentaram variações fora da tolerância.

A autora Soares (2023) realizou a análise dimensional em seu estudo de blocos de concreto com substituição de agregado, sendo analisado três tipos de blocos sendo de concreto normal, outro com substituição de 50% de agregado minuído e outro com substituição total do agregado, vale ressaltar que os blocos eram de dimensões 190x190x390. Nesse sentido, os resultados representaram que todos três tipos de blocos obtiveram parâmetros dentro da norma, no requisito de análise dimensional. Por fim, a autora cita que, conforme a ABNT NBR 6136:2016, tem-se que as dimensões nominais para todas as amostras estão dentro da faixa de tolerância permitida pela norma. E, a espessura mínima de quaisquer paredes dos blocos atendem à Tabela 2 da ABNT NBR 6136:2016, sendo para todos os blocos classificação C, em que as espessuras médias equivalentes estão na faixa de 170 a 179 mm. (SOARES, 2023)

Além disso, Heinhard (2010) em seu estudo realizou a análise dimensional em blocos de concreto com dimensão 140x190x390mm. De acordo com o experimento os resultados demonstraram que todos os blocos estavam dentro dos critérios estabelecidos pela norma.

2.5.5.2 ABSORÇÃO INICIAL DE ÁGUA

O índice de absorção de água inicial é determinado através de ensaio previsto pela recente norma brasileira NBR 15270-3:2005, caracterizando a capacidade de sucção inicial pela força capilar durante o primeiro minuto de contato do bloco com uma lâmina de água de 3 mm.

De acordo com os estudos de Honório et. al (2010), obtiveram como resultado do índice de absorção inicial de água para bloco de concreto de vedação de 10,3 g/193,55cm²/min e para um tipo de bloco cerâmico o valor foi de 15,68 g/193,55cm²/min. Diante disso, verificou-se que os substratos de concreto obtiveram comportamento distintos dos cerâmicos com relação a absorção de água. O substrato mostrou influência na resistência superficial. Essa influência se deve à absorção da água argamassa promovida pelo substrato que altera o transporte de água ao longo da camada de argamassa fresca levando à alteração das propriedades da argamassa no estado endurecido. Quanto maior a absorção inicial de água da base, maior a resistência superficial da argamassa de revestimento (HONÓRIO et. al., 2010).

Silva et. al. (2006) realizaram um estudo de índice de absorção inicial de água em blocos de concreto com paredes maciças e vazadas, tendo assim o resultado de 16,73 g/193,55cm²/min e 31,14 g/193,55cm²/min respectivamente. Desse modo observa-se que o AAI dos blocos de paredes vazadas é superior ao dos blocos com paredes maciças.

2.5.5.3 TEOR DE UMIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Quando há um preenchimento dos poros de um determinado material por água, gelo ou vapor d'água pode-se dizer que o material tem um teor de umidade. A saturação ocorre quando o material tem o máximo teor de umidade. Quando o material atinge a saturação, os seus poros estão completamente cheios de água (CSTC,1982).

De acordo Naiara (2019) a absorção de água está relacionada diretamente a segurança das construções, uma vez que ao acrescentar de forma imprevista de peso dos blocos sobre a estrutura pode ocasionar até um desabamento e assim colocar em risco a vida de pessoas. Além disso, as paredes de blocos de concretos que não tiverem uma impermeabilidade podem ocasionar problemas como a aderência da argamassa.

Quanto é apresentado valores acima do padrão da norma NBR 6136:2016 para a absorção de água do bloco de concreto tem-se assim um bloco poroso, ou seja, uma quantidade alta de vazios, logo terá uma baixa resistência mecânica do bloco além de ter assim uma aceleração para a absorção de água da argamassa de assentamento.

Oliveira (2015) em seu estudo realizou os ensaios de teor de umidade e absorção de água. Em seus resultados ela teve os valores de 1,13% para teor de umidade e 7,07% para absorção de água, isso para os blocos em cura em ar livre, já para os blocos de cura submersa os valores foram de 3,69% e 6,59% para teor de umidade e absorção de água respectivamente. Desse modo, de acordo com a autora os blocos de concreto que estavam em cura em ar livre obtiveram valor maior de absorção de água devido estarem mais poroso, sendo que os blocos que passaram por cura submersa tiveram uma hidratação do cimento tornando assim os blocos menos porosos (OLIVEIRA, 2015).

Além disso, Soares (2023) realizou em seu trabalho o ensaio de absorção de água em blocos de concreto com substituição de agregado, sendo analisado três tipos de blocos sendo de concreto normal, outro com substituição de 50% de agregado minuído e outro com substituição total do agregado sendo que os resultados foram de 9%, 16% e 23% respectivamente. De acordo com a autora os blocos com substituição de 50 % bem como os blocos com substituição 100 % atendem a este requisito, enquanto os blocos sem substituição de agregado não corresponderam a este critério na idade de 7 dias.

Segundo Silva (2019) realizou o ensaio de absorção de água e obteve o resultado de 7,7% para o bloco convencional e para o bloco que teve substituição de pó de brita por pó de vidro teve o resultado de 7,7% também.

2.5.5.4 POROSIDADE APARENTE

Segundo Santos (1989) a porosidade aparente representa em percentual o volume total de poros abertos em relação ao volume do corpo de prova.

De acordo com a Empresa ASOP Engenharia (2018), a permeabilidade do concreto é uma propriedade essencial que afeta diretamente sua durabilidade. O concreto possui poros que permitem a passagem de água e outros elementos para o seu interior, e a permeabilidade do concreto é determinada por fatores como a relação água-cimento, a permeabilidade e o nível de absorção de água do material.

Ainda segundo a empresa, é importante conhecer o tipo de poros presente no concreto e realizar ensaios específicos para determinar a sua permeabilidade, a fim de garantir uma boa resistência e durabilidade do material. O ensaio de porosidade aparente, por exemplo, é capaz de avaliar a porosidade do bloco de concreto, e quando a porosidade é alta, há maior susceptibilidade à penetração de agentes agressivos, o que pode comprometer a durabilidade do concreto.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014) o progressivo preenchimento dos espaços vazios na pasta com os produtos de reação resulta na redução da porosidade e permeabilidade e o aumento da resistência do concreto. Para concretos de resistência normal, o volume dos poros varia de 15% a 20%, ao passo que para o concreto de alta resistência o valor é menor do que 15%.

2.5.5.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Segundo Hibbeler (2010) a resistência de um determinado material está diretamente relacionada a sua capacidade de receber uma carga sem deformação excessiva ou ruptura. Essa característica é específica para cada tipo de material e deve ser determinada por métodos experimentais. Diante disso, um dos experimentos mais importantes e utilizados é o ensaio de tração ou compressão.

Segundo Maciel (2002), para o projeto de execução de alvenaria, a resistência à compressão dos blocos de concreto é o parâmetro mais importante, pois esta propriedade torna-se uma variável fundamental de controle do processo de fabricação dos blocos.

A norma NBR 6136:2016 representa requisitos para a resistência a compressão do bloco de concreto além da absorção e retração, como pode ser visto no Quadro 5.

Quadro 5 – Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração.

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	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

Fonte: NBR 6136 (2016).

Hendry (1998) descreve alguns fatores que contribuem para a resistência a compressão da alvenaria, sendo eles a geometria da unidade, a resistência da unidade, a espessura da junta de argamassa, a resistência da argamassa, a deformação característica da argamassa, a sucção das unidades e a retenção da argamassa.

No estado endurecido, algumas características importantes da argamassa incluem a resistência à compressão, aderência adequada, baixa retração e durabilidade. É essencial que a argamassa apresente resistência suficiente para suportar cargas de compressão e aderência satisfatória para garantir a união adequada entre as unidades de alvenaria. Além disso, é necessário que a argamassa tenha baixa retração, a fim de evitar a redução da resistência da alvenaria à penetração de chuvas e a formação de fissuras nas unidades. Além disso, a alvenaria deve ser capaz de acomodar movimentos decorrentes da fluência ou efeitos térmicos, sem apresentar fissuras que comprometam sua integridade. (HENDRY, 2011)

De acordo com Maciel (2002) um dos fatores importantes para a execução de uma alvenaria é a resistência à compressão, pois essa propriedade é uma variável fundamental de controle do processo de fabricação dos blocos. Estudos mostraram que fatores como a relação água/cimento influenciam na resistência à compressão, assim como a cura ao ar livre e submersa.

Segundo Soares (2023), analisou três tipos de blocos sendo de concreto convencional, outro com substituição de 50% de agregado miúdo (pó de brita) por resíduo de telha triturada e outro com substituição total, ou seja, 100% do agregado (pó de brita) miúdo por telha triturada sendo que teve as seguintes resistências a compressão aos 28 dias 2,71 MPa, 1,13 MPa e 1,31 MPa respectivamente. Nesse viés de acordo com a autora no que diz respeito à resistência

característica à compressão axial obtida aos 28 dias para blocos sem função estrutural (classe C), onde F_{ck} deve ser superior ou igual a 3,0 MPa, os resultados para ambos os traços, com substituição de 50 % e 100 % do agregado não foram satisfatórios neste quesito, não atingindo o valor desejado.

Além disso, Silva (2019) em seu trabalho sobre substituição de pó de brita por pó de vidro obteve resistência a compressão aos 28 dias de 2,8 MPa para os blocos convencionais, de 3,3 MPa para blocos com vidro temperado e 2,85 MPa para blocos com pó de vidro de garrafa. Desse modo a autora chegou à conclusão que os blocos de concreto fabricado com adição de 10% pó de vidro temperado como parte do agregado miúdo, atenderá o mercado da construção civil de acordo com a necessidade de obter-se um material de qualidade como os já comercializados, uma vez que esse bloco atendeu ao padrão normativo.

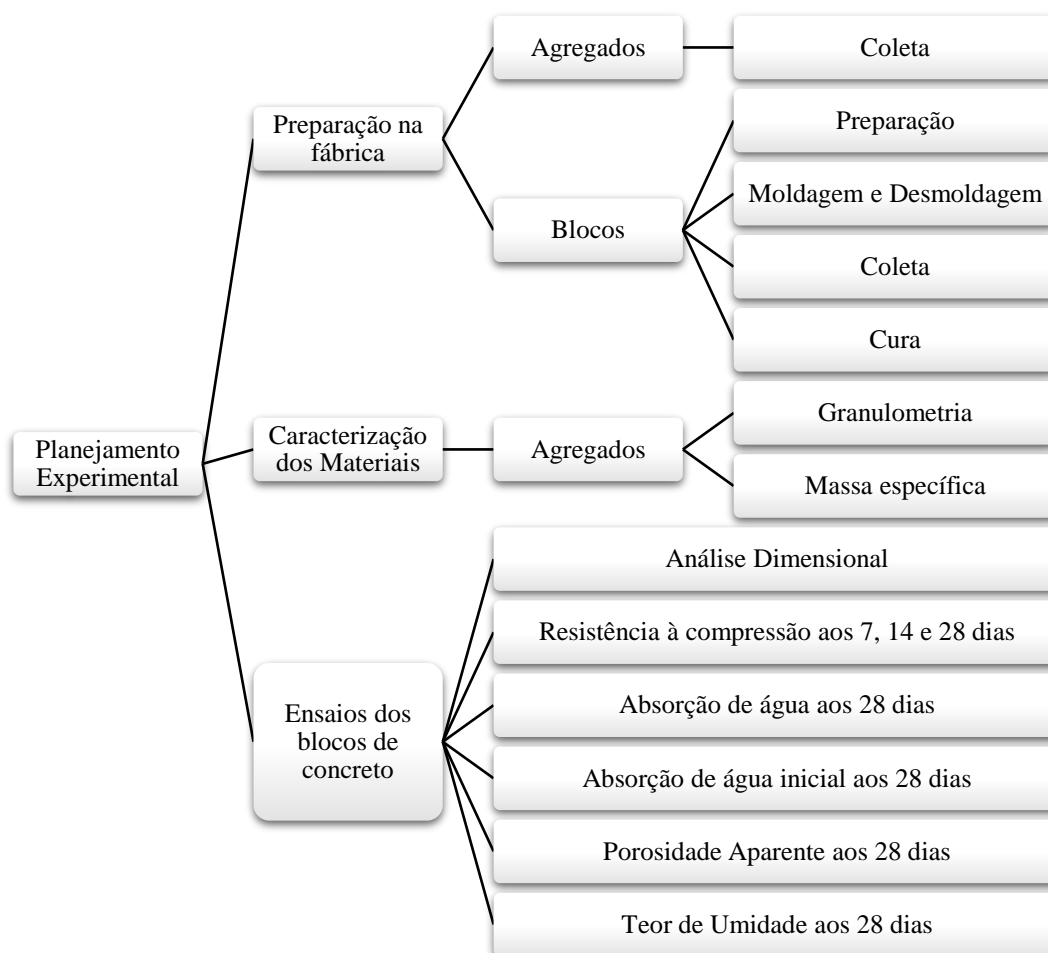
No estudo realizado por Oliveira (2015) em blocos de concreto com função estrutural, foram analisados dois tipos de traço. Os resultados obtidos para o traço 1:10 foram de 8,17 MPa para a cura em ar livre e 9,34 MPa para a cura submersa. Já para o traço 1:13, os valores foram de 7,18 MPa e 8,16 MPa para os blocos submetidos à cura em ar livre e submersa, respectivamente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Os blocos estudados foram produzidos em uma empresa localizada na cidade de Barreiras-BA, que produz diversos tipos de blocos e canaletas de concreto. Foram produzidos 30 blocos que, após 24 horas, foram transportados para o laboratório de Construção Civil da Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB. Realizou-se a cura de 15 blocos em cura submersa e 15 ao ar livre. Após as idades de 7,14 e 28 dias foram realizados os ensaios de resistência à compressão. Com amostras dos corpos rompidos aos 28 dias foram realizados ensaios de absorção de água, teor de umidade e porosidade aparente. Ao mesmo tempo, realizou-se ensaio absorção de água inicial de blocos inteiros com 28 dias. Os métodos desses ensaios foram descritos na metodologia. A Figura 1 representa o planejamento experimental deste projeto.

Figura 1– Fluxograma do planejamento experimental.



Fonte: Autor (2023)

3.2 MATERIAIS

Nesse item são apresentados os insumos usados para a fabricação do bloco de concreto de vedação. Esses insumos incluem cimento, areia, pó de pedra, brita e água.

3.2.1 CIMENTO

O cimento usado na produção dos blocos de vedação será o CPV-ARI da CIPLAN (Figura 2).

Figura 2- Cimento CPV-ARI da CIPLAN utilizado na produção dos blocos.



Fonte: Autor (2023)

De acordo com a embalagem do cimento pôde-se verificar as informações do produto disponibilizadas pelo fabricante. O Quadro 6 representa as propriedades do cimento CPV.

Quadro 6: Propriedades do cimento Portland CPV - ARI

CP V-ARI	Especificações ABNT	
ENSAIOS FÍSICOS		
Blaine (cm ² /g)	≥3000	NBR NM 76
Tempo de início de pega (h:min)	≥1	NBR NM 65
Tempo de fim de pega (h:min)	≤10	NBR NM 65
Finura na peneira # 200 (%)	≤6,0	NBR 11579
Finura na peneira # 325 (%)	–	NBR 9202
Expansibilidade a quente (mm)	≤5,0	NBR 11582
Consistência normal (%)	–	NBR NM 43
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	≥14,0	NBR 7215
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	≥24,0	NBR 7215
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	≥34,0	NBR 7215
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	–	NBR 7215

Fonte: Adaptado cimento.org (2010)

De acordo com o site Cimento Org, o cimento Portland de alta resistência inicial tem alta reatividade em baixas idades em função do grau de moagem a que é submetido. O clínquer é o mesmo utilizado para a fabricação de um cimento convencional, mas permanece no moinho por um tempo mais prolongado. O cimento continua ganhando resistência até os 28 dias, atingindo valores mais elevados que os demais, proporcionando maior rendimento ao concreto. É largamente utilizado em produção industrial de artefatos, onde se exige deforma rápida, em concreto protendido pré e pós-tensionado, pisos industriais e argamassa armada. Devido ao alto calor de hidratação, não é indicado para concreto massa. Contém adição de até 5% de fíler calcário.

3.2.2 AGREGADOS

A areia usada na fabricação dos blocos de concreto é fornecida por empresa situada na cidade de Barreiras/Ba, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3- Areia Usada para a Fabricação dos Blocos.



Fonte: Autor (2023)

O pó de brita usado é proveniente da cidade de São Desidério-Ba, o qual é representado na Figura 4.

Figura 4- Representação do Pó de Brita usado na Fabricação dos Blocos.



Fonte: Autor (2023)

A brita usada para a fabricação dos blocos de concreto é proveniente também da cidade de São Desidério-Ba, a Figura 5 representa a brita usada.

Figura 5- Brita Usada para Fabricação dos Blocos.



Fonte: Autor (2023)

Para o conhecimento dos insumos, os agregados foram caracterizados com a determinação da massa específica e granulometria

Para determinação da massa específica da areia e do pó de brita foi realizado os procedimentos segundo a norma NBR NM 52: Agregado miúdo - determinação de especifica e massa específica aparente (ABNT, 2009). Foi utilizado o frasco de Chapman, no qual foi colocado um volume inicial de 200 ml de água e 500g do agregado miúdo, assim a água subiu no gargalo do frasco até uma certa marca. Para a determinação da massa específica, os valores encontrados se relacionam por meio da Equação 1 abaixo:

$$d = \frac{m}{v - v_a} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

d = massa específica do material (em kg/l);

m = massa do agregado (em kg);

v = volume final do agregado mais água (em l);

v_a = volume de água adicionada ao frasco (em l);

A Figura 6 representa o ensaio de agregado miúdo no frasco de Chapman, para a determinação da massa específica da areia e pó de brita.

Figura 6 - Ensaio no frasco de Chapman



Fonte: Autor (2023)

A realização do ensaio de massa específica da brita (agregado graúdo) seguiu os critérios estabelecidos pela NBR NM 53. A amostra de 3,0 kg de brita foi submersa em água à temperatura ambiente num período de no mínimo 24 horas, após isso, foi retirada da água e envolvida em um pano absorvente até que toda água visível fosse eliminada e pesada. Depois, a amostra foi colocada no recipiente, submerso em água e pesada novamente. A amostra foi colocada em estufa por 24h, pesada novamente e, com os resultados, será utilizada a equação 2 abaixo para determinar a massa específica aparente do agregado.

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

d = massa específica do material (kg/dcm^3);

m = massa ao ar da amostra seca em kg;

m_a = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca em kg;

m_s = massa em água da amostra em kg;

A Figura 7 mostra a pesagem do agregado graúdo para a determinação da massa específica da brita.

Figura 7- Pesagem da Brita durante o ensaio de Massa Específica



Fonte: Autor (2023)

Para a determinação da granulometria da areia e do pó de brita, utilizou-se de 300g e 1,0kg dos materiais, respectivamente, em cada um dos ensaios. As peneiras foram utilizadas no ensaio em ordem crescente: fundo, 0,15; 0,30; 0,60; 1,20; 2,40; 4,80 e tampa. O material a ser ensaiado e foi depositado dentro das peneiras, pela parte superior e foi agitado por cerca de 3 minutos. Em seguida, foram pesadas as quantidades de material retidas em cada peneira. A Figura 8 representa as peneiras usadas durante o ensaio de granulometria dos agregados miúdos.

Figura 8 - Agregado miúdo nas peneiras



Fonte: Autor (2023)

Para o agregado graúdo, a brita, foi usada uma amostra de 3,0kg e o procedimento similar ao anterior. Foram usadas peneiras maiores, de 12,5mm; 9,5mm; 6,3mm e 4,75mm. A Figura 9 representa as peneiras usadas durante o ensaio de granulometria dos agregados graúdo.

Figura 9 - Agregado Graúdo nas peneiras



Fonte: Autor (2023)

3.2.3 ADITIVO

O aditivo usado foi o “PlastKem” da NOVAKEM, um aditivo plastificante que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite reduzir o conteúdo de água do concreto proporcionando o abatimento e a fluidez do mesmo.

De acordo com o site da Novakem, esse produto tem como principais vantagens: a fabricação de peças com melhor acabamento e qualidade, o aumento da resistência dos blocos, diminuição do desgaste por abrasão dos equipamentos durante a produção, além de promover o aumento da fluidez e a facilidade de acabamento ao concreto, baixa dosagem durante o uso e estabilidade durante a estocagem sem a formação de sedimentação e entupimento dos dosadores e válvulas dos tanques.

No traço estudado foi usado meio saco de cimento de 40 kg, ou seja, foi utilizado 20 kg de cimento na mistura e a quantidade de aditivo foi de 100 ml.

3.2.4 ÁGUA

A água tem um papel fundamental para a fabricações dos blocos de concreto sendo ela responsável pela hidratação do cimento o que resulta em um ganho de resistência e qualidade do bloco de concreto. A água usada na fabricação dos blocos de concreto é proveniente de um poço artesiano instalado na fábrica de pré-moldado.

3.3 PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO DE VEDAÇÃO

3.3.1 PREPARO DA MISTURA

Inicialmente foi realizada a separação do material para mistura dos insumos, sendo separado um carrinho de 60 litros nivelado de areia, dois carrinhos de 60 litros nivelados de pó de brita, um carrinho de 60 litros nivelado de brita zero e meio saco de cimento, a Figura 10, representa o material no recipiente que foi levado ao misturador. Em seguida o material é deslocado por meio de um elevador mecânico até o misturador com ilustra na Figura 11, após ser lançado esse material no misturador (Figura 12) é adicionado água e o aditivo, por fim o material é lançado até as fôrmas onde é vibrado como indica a Figura 13, dando início a moldagem dos blocos.

Figura 10 - Mistura dos agregados mais cimento.



Fonte: Autor (2023)

A Figura 11, mostra o momento que os insumos que foram depositados na balança e são levados até o misturador.

Figura 11 - Deslocamento do Material até o Misturador.



Fonte: Autor (2023)

A Figura 12 representa a mistura do cimento, areia, brita, pó de brita, água e aditivo no misturador.

Figura 12 - Homogeneidade dos Materiais no Misturador.



Fonte: Autor (2022)

3.3.2 PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM E DESMOLDAGEM DO BLOCO DE CONCRETO

Após a completa mistura dos insumos, a mistura foi cuidadosamente lançada nas fôrmas dos blocos. Em seguida, utilizou-se uma prensa vibratória para compactar o concreto, visando obter uma distribuição uniforme e reduzir a porosidade do bloco. Posteriormente, os blocos de concreto foram desmoldados, ou seja, retirados das fôrmas. O processo de desmoldagem é crucial para garantir a forma e integridade dos blocos. A Figura 13 ilustra o momento em que os blocos são removidos das fôrmas.

Figura 13 – Prensagem dos blocos de concreto.



Fonte: Autor (2023)

A Figura 14 representa o local que os blocos de concreto foram armazenados no pátio da empresa.

Figura 14 – Armazenamento e início da cura dos Blocos de Concreto.



Fonte: Autor (2023)

3.3.3 CURA INICIAL

Logo após a fabricação dos blocos, estes foram armazenados em uma área sombreada. Após uma hora, foi realizada a etapa de cura inicial, na qual uma quantidade adequada de água foi aplicada nos blocos com auxílio da mangueira. Em seguida, os blocos foram cobertos com sacos plásticos, com o intuito de evitar a evaporação da água. Essa cobertura plástica foi mantida por um período de 24 horas, permitindo que os blocos passassem pelo processo inicial de cura de maneira controlada e adequada. (Figura 15).

Figura 15- Cura Inicial dos Blocos de Concreto.



Fonte: Autor (2023)

3.3.4 CURA FINAL

Após 24 horas os blocos foram coletados e transportados para o laboratório de construção civil da Universidade Federal do Oeste da Bahia, sendo assim separado metade dos blocos ficando em cura ao ar livre (Figura 16) e a outra metade colocado em uma caixa de água para cura submersa (Figura 17).

Figura 16- Blocos em cura ar livre.



Fonte: Autor (2023)

Figura 17- Blocos em cura submersa.



Fonte: Autor (2023)

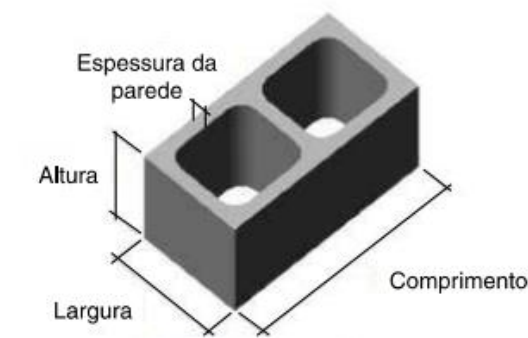
Os 30 blocos de concreto ficaram curando sendo 15 blocos na cura em ar livre e 15 blocos na cura submersa nas idades de 7, 21 e 28 dias para a realização dos ensaios de resistência a compressão e aos 28 dias para os ensaios das propriedades físicas.

3.4 PROPRIEDADE FISICA E MECÂNICAS DOS BLOCOS DE CONCRETO

3.4.1 ANÁLISE DIMENSIONAL

Inicialmente, foram realizadas medições nos blocos, incluindo comprimento, largura, altura e espessura das paredes transversais e longitudinais. Para o comprimento, largura e altura, foram obtidas três medidas em cada seção e calculada a média. No caso das paredes transversais e longitudinais, as medidas foram feitas na metade de cada parede e novamente a média foi calculada. A Figura 18 ilustra, conforme as diretrizes da norma, as medidas a serem analisadas.

Figura 18 - Representação dos Locais a serem tiradas as Medidas.



Fonte: NBR 6136 (2016)

A Figura 19 mostra uma medida retirada durante o ensaio de análise dimensional.

Figura 19 - Análise Dimensional



Fonte: Autor (2023)

3.4.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL

Para determinar a absorção de água inicial, foi seguida a NBR 15270:2005. O procedimento envolveu a utilização de dois blocos submetidos à cura submersa e dois blocos submetidos à cura ao ar livre, que foram colocados em uma estufa a uma temperatura de 110°C por 24 horas. Após esse período, os corpos de prova foram removidos e, após um intervalo de 2 horas, foram pesados. Em seguida, os corpos de prova foram colocados em dois apoios submersos em água, onde o nível da lâmina de água foi ajustado a 3 mm em relação aos apoios, conforme ilustrado na Figura 20. Após a retirada, os blocos foram pesados. Através da Equação 3, foi possível obter o índice de absorção de água inicial.

$$AAI = 193,55 \times \frac{\Delta p}{\text{Área}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde,

AAI = índice de absorção de água inicial (sucção) da face ensaiada dos blocos, expresso em $(g/193,55cm^2) /min$;

Δp = variação de massa obtida no ensaio, em gramas (g);

Área = área bruta do bloco de concreto em cm^2 ;

A Figura 20 representa os blocos de concreto durante o ensaio.

Figura 20 – Ensaio de Absorção inicial de água.



Fonte: Autor (2023)

3.4.3 ENSAIO DE TEOR DE UMIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para determinar o teor de umidade e a absorção de água, é necessário seguir os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 12118:2013. É importante ressaltar que a norma NBR 6136:2016 indica que, no mínimo, devem ser utilizados 3 blocos para a realização desse ensaio. Para isso, foram separadas três amostras de cada bloco em cada uma das curas estudadas, sendo essas amostras fragmentos dos blocos rompidos (Figura 21 e 22) aos 28 dias durante o ensaio de resistência à compressão.

Primeiramente, as amostras foram pesadas à temperatura ambiente. Em seguida, foram imersas em um tanque de água para serem saturadas por 24 horas (Figura 22). Após esse período, as amostras foram removidas e secas com um pano para remover o excesso de água. Em seguida, as amostras foram pesadas novamente e suas massas foram registradas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em uma estufa (Figura 21) e mantidas a uma temperatura de $110^{\circ}C$ por 24 horas.

Após serem retiradas da estufa, as amostras foram deixadas esfriar e, em seguida, pesadas novamente, registrando suas massas. Os valores da absorção de água (AA) em

percentagem (%) e do teor de umidade em percentagem (%) foram obtidos conforme as Equações 4 e 5, respectivamente.

Para absorção de água:

$$AA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde,

AA = absorção total expressa em (%);

m1 = massa do corpo de prova seca em estufa, em gramas (g);

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

Para teor de umidade,

$$T.U = \frac{m - m_1}{m_2 - m_1} * 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde,

T.U = teor de umidade em (%);

m = massa do corpo de prova em condições ambientes em gramas (g);

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

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

A Figura 21 mostra as amostras dos blocos de concreto na estufa que ficaram durante 24 horas.

Figura 21 - Amostras dos blocos na estufa



Fonte: Autor (2022)

A Figura 22 mostra as amostras dos blocos de concreto que ficaram saturadas durante 24 horas.

Figura 22 - Amostras Saturadas



Fonte: Autor (2022)

3.4.4 POROSIDADE APARENTE

Para a determinação da porosidade aparente, foi seguida a norma ASTM C128:2015. O procedimento foi realizado simultaneamente ao ensaio de absorção de água, conforme descrito nas Figuras 21 e 22. Após a retirada da imersão em água, os corpos de prova foram pesados para determinar a massa úmida (m_2). Em seguida, a massa imersa (m_i) foi obtida utilizando uma balança analítica hidrostática. A porosidade aparente foi calculada utilizando a Equação 6.

$$PA = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_i} * 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

PA = Porosidade Aparente (%);

m_2 = massa do corpo de prova úmido (g);

m_1 = massa do corpo de prova seco (g);

m_i = massa do corpo de prova imerso em água (g);

3.4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Antes de realizar o rompimento dos corpos de prova foi realizado o procedimento de capeamento dos blocos, de acordo com a norma NBR 12118:2013 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio, com o objetivo de regularizar a superfície.

Para o processo de capeamento, conforme estabelecido pela norma, os blocos foram colocados sobre uma mesa de superfície plana previamente untada com uma camada de óleo. Em seguida, uma mistura de gesso foi preparada e aplicada na superfície dos blocos. Após a aplicação do gesso, os blocos foram girados de forma que a superfície com a pasta ficasse em

contato com a mesa. Utilizando um nível, os blocos foram nivelados cuidadosamente. Esse procedimento foi realizado em todos os blocos, nas duas faces que ficarão paralelas à face da prensa. A Figura 23 representa os blocos após o procedimento de capeamento.

Figura 23– Capeamento dos Blocos.



Fonte: Autor (2022)

O ensaio de resistência à compressão simples foi feito por meio da recomendação da NBR 6136:2016 e da NBR 12118:2013. Vale ressaltar que os blocos estudados foram rompidos em 7, 14 e 28 dias de idades. Sendo rompido 3 blocos que passaram por cura submersa e 3 com cura em ar livre em cada idade. O ensaio seguiu os seguintes passos:

- Primeiramente foi colocado o bloco de modo que a parede com maior espessura fique na parte superior;
- Posicionou-se os blocos no centro da base da prensa, para que o centro de gravidade do bloco ficasse no mesmo alinhamento do eixo de carga do prato da prensa;
- Em seguida, aplicou-se a carga de forma contínua até o momento da ruptura do corpo de prova.

O rompimento ocorreu na prensa da EMIC com capacidade de 2000 kN (Figura 24).

Figura 24– Prensa de rompimento do bloco de concreto à compressão.



Fonte: Autor (2023)

Para a ruptura dos blocos foi realizado o capeamento para distribuir melhor as cargas, conforme a Figura 25.

Figura 25- Ruptura dos Bloco de Concreto.



Fonte: Autor (2023)

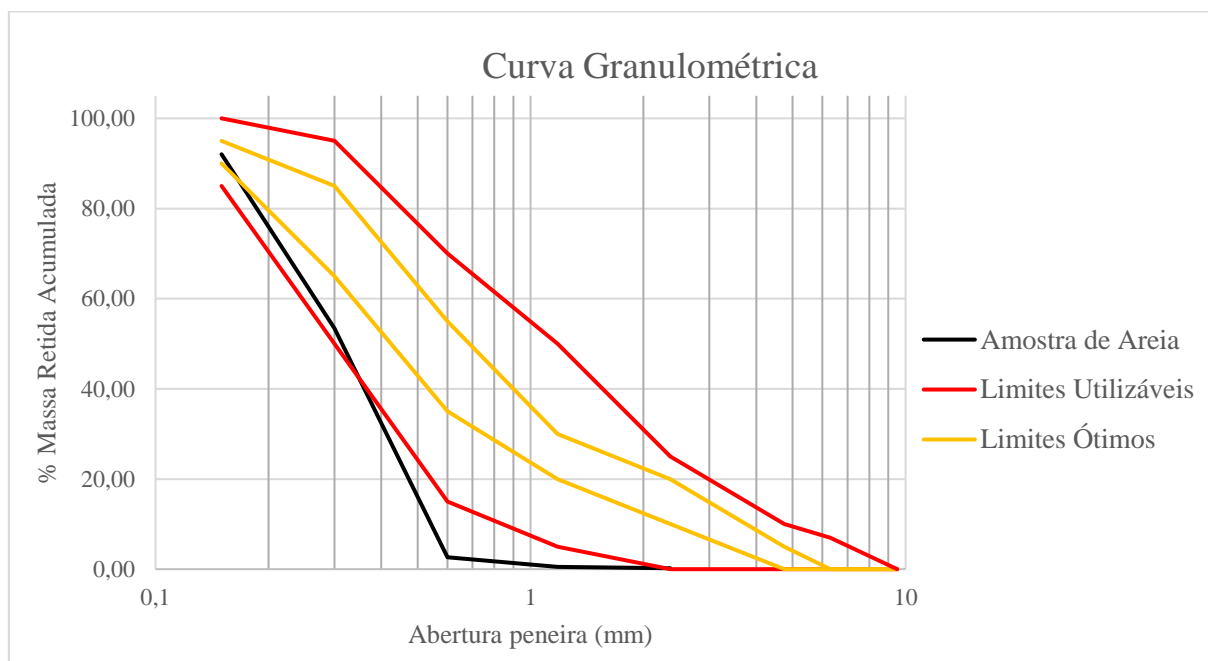
4 RESULTADOS E DISCURSÕES

O estudo foi realizado utilizando 30 blocos de concreto com função de vedação, submetidos à cura em condições de ar livre e submersão, nas idades de 7, 14 e 28 dias. A seguir, serão apresentados os resultados da análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, além dos resultados das análises dimensionais, absorção inicial de água, teor de umidade, absorção de água, porosidade aparente e resistência à compressão dos blocos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATERIAIS PRIMAS E DETERMINAÇÃO DO TRAÇO DO BLOCO

Conforme mencionado anteriormente na seção 3.2.2, foi realizada uma coleta de amostra da areia utilizada na produção dos blocos de concreto, seguida pelos ensaios realizados no laboratório de materiais da UFOB. Por meio do ensaio de granulometria, foi obtida a curva granulométrica da areia. O Gráfico 1 representa visualmente essa curva, bem com os limites utilizáveis e ótimos para o uso do agregado miúdo no concreto.

Gráfico 1 - Curva Granulométrica da Areia.

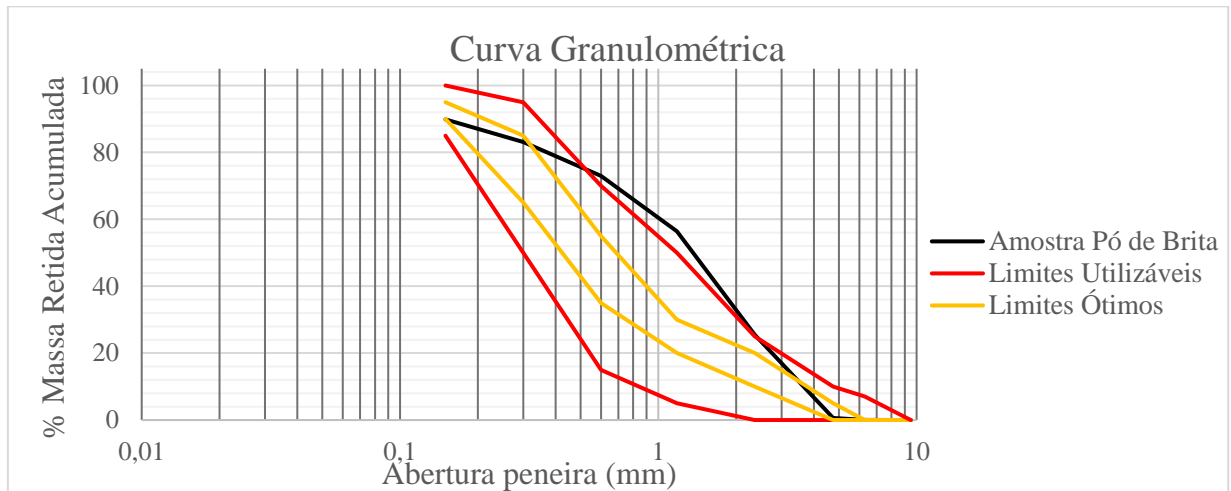


Fonte: Autor (2023)

O módulo de finura da areia foi calculado como 1,49. De acordo com a NBR 7211:2005, essa areia é classificada como fina, uma vez que seu módulo de finura está abaixo de 1,55. Além disso, ao observar o Gráfico 1, nota-se que a curva granulométrica da areia não atende nem aos limites utilizáveis e nem aos limites ótimos para concreto.

Conforme o ensaio de granulometria obteve-se a curva granulométrica do pó de brita. O Gráfico 2 ilustra essa curva, bem com os limites utilizáveis e ótimos para o uso do agregado miúdo no concreto.

Gráfico 2 – Curva Granulométrica do Pó de Brita.

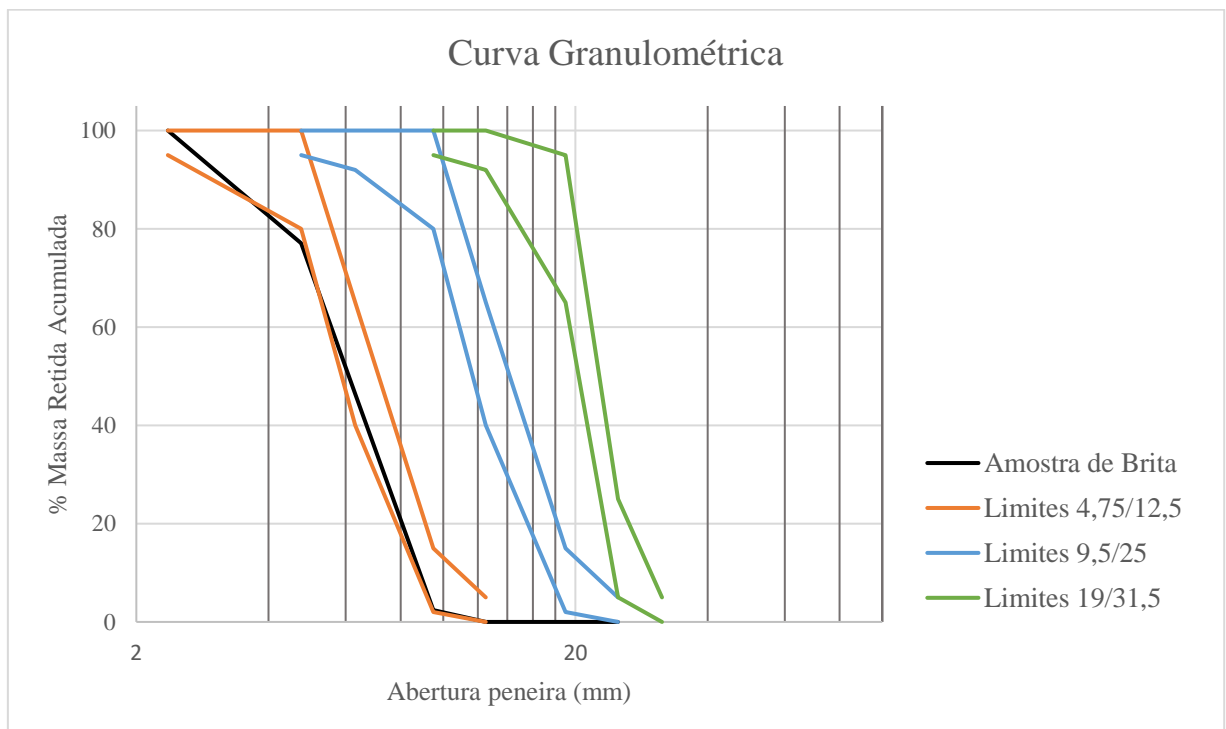


Fonte: Autor (2023)

Conforme o Gráfico 2, verifica que o pó de brita não satisfaz os limites utilizáveis e aos limites ótimos para concreto.

De acordo com o ensaio de granulometria obteve-se a curva granulométrica da brita, o Gráfico 3 mostra essa curva, bem como os limites de agregados graúdos para concreto.

Gráfico 3 – Curva Granulométrica da Brita.

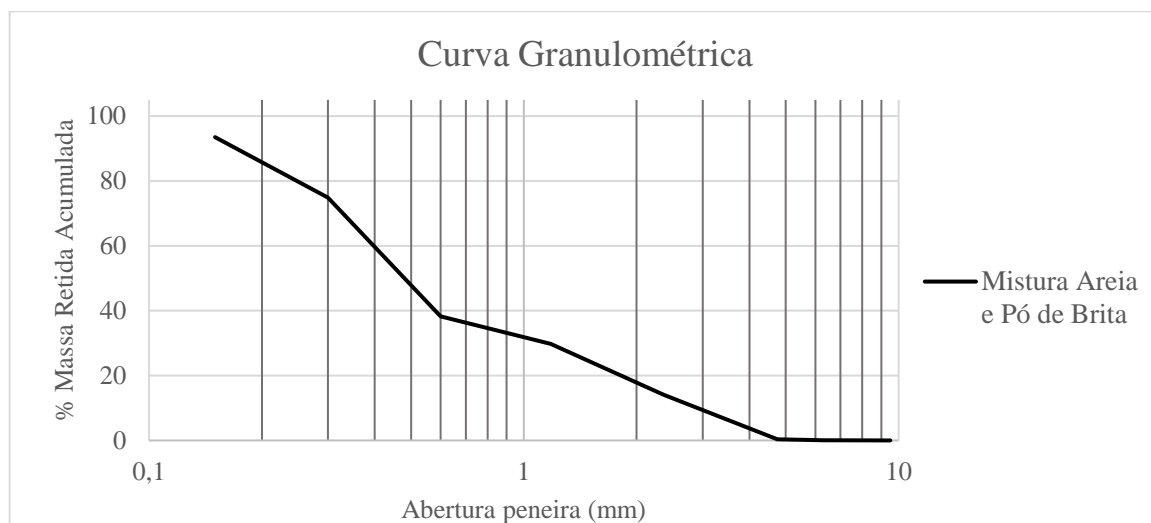


Fonte: Autor (2023).

De acordo com o Gráfico 3 pode-se observar um excesso de partículas de diâmetro 4,5 e 6,30 mm, o que o caracteriza como brita 0. Além disso, nota-se que a brita satisfaz quase que totalmente os limites da zona granulométrica 4,75/12,5.

Conforme o ensaio de granulometria obteve-se também a curva granulométrica da mistura de agregados miúdos (areia e pó de brita) na proporção usada pela fábrica de 1 unidade de medida de areia e 2 unidades de medida de pó de brita. O Gráfico 4 ilustra essa curva granulométrica.

Gráfico 4 – Curva Granulométrica da Mistura.



Fonte: Autor (2023).

Na produção dos blocos, foram utilizados 20 kg de cimento, correspondendo a meio saco de cimento de 40 kg. Além disso, foram empregados dois carrinhos de pó de brita, um carrinho de areia e um carrinho de brita. Vale ressaltar que o volume de cada carrinho utilizado foi de 60 litros. Portanto, a proporção dos insumos foi de 20 kg de cimento, 60 litros de areia, 120 litros de pó de brita, 60 litros de brita, 10 litros de água e 0,1 litros de aditivo.

A Tabela 1 mostra os resultados da massa específica dos insumos usados para a fabricação do bloco de concreto com função de vedação.

Tabela 1: Massa Específica dos Insumos.

Material	Massa específica (kg/dcm ³)
cimento	3,1
areia	2,64
pó de brita	2,68

brita	2,76
água	1

Fonte: Autor (2023).

4.2 ANÁLISE DIMENSIONAL

Para a análise dimensional, foram selecionados 8 blocos de concreto, dentre os 30 produzidos. Após as medições realizadas conforme descrito no item 3.4.1, foram obtidos os resultados das dimensões reais do bloco de concreto da família 140x190x390mm, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensões de blocos.

ANÁLISE DIMENSIONAL						
Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Long. (mm)	Trans. (mm)	Esp. Equivalente (mm/m)
1	391	140	190	23	24	184
2	390	141	190	24	23	177
3	390	140	191	25	25	192
4	391	141	190	23	23	176
5	390	141	192	24	24	185
6	392	142	190	24	23	176
7	391	141	192	23	25	192
8	392	140	190	25	24	184

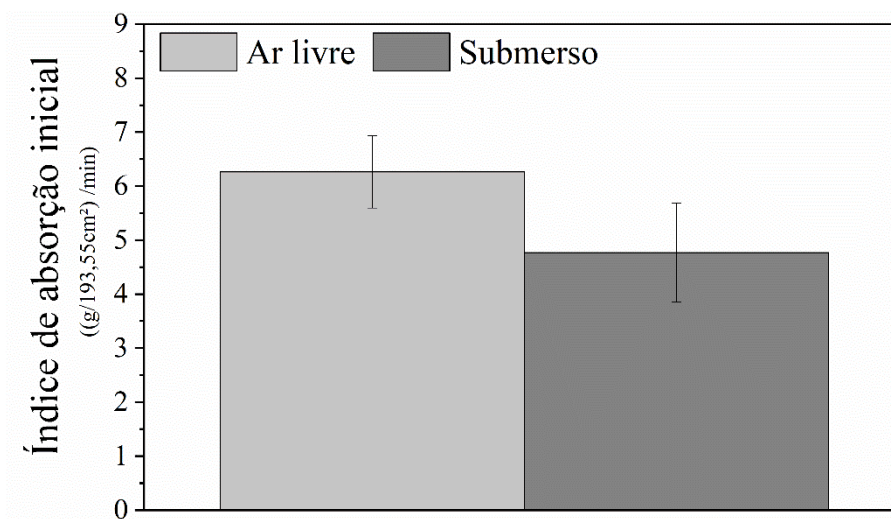
Fonte: Autor (2023)

Diante dos resultados obtidos conforme a Tabela 2, de acordo com a norma NBR 6136:2016, as dimensões nominais para todas as amostras estão dentro da faixa de tolerância permitida pela norma ($\pm 3\text{mm}$). Além disso, conforme estudos realizados por outros autores como descrito no item 2.5.5.1 os resultados deles apresentaram também valores dentro dos padrões normativos, obtendo assim um produto que pode ser comercializado de acordo com o embasamento da norma.

4.3 ABSORÇÃO INICIAL DE ÁGUA

O ensaio de absorção inicial de água foi realizado com quatro blocos de concreto, sendo dois deles submetidos à cura em ar livre e os outros dois à cura submersa. Conforme apresentado no Gráfico 5, verificou-se que o valor médio do índice de absorção de água inicial para os blocos de cura em ar livre foi de $6,27 \text{ g}/193,55 \text{ cm}^2/\text{min}$, enquanto para os blocos de cura submersa foi de $4,77 \text{ g}/193,55 \text{ cm}^2/\text{min}$. Portanto, o índice de absorção inicial de água para os blocos de cura em ar livre foi 31,44% superior em relação aos blocos de cura submersa.

Gráfico 5 – Índice de absorção inicial.



Fonte: Autor (2023).

De acordo com os dados obtidos e ao comparar-se com os estudos de outros trabalhos mencionados no item 2.5.5.3 é visto que os blocos desse trabalho tiveram um índice de absorção inicial de água inferior aos dos outros autores.

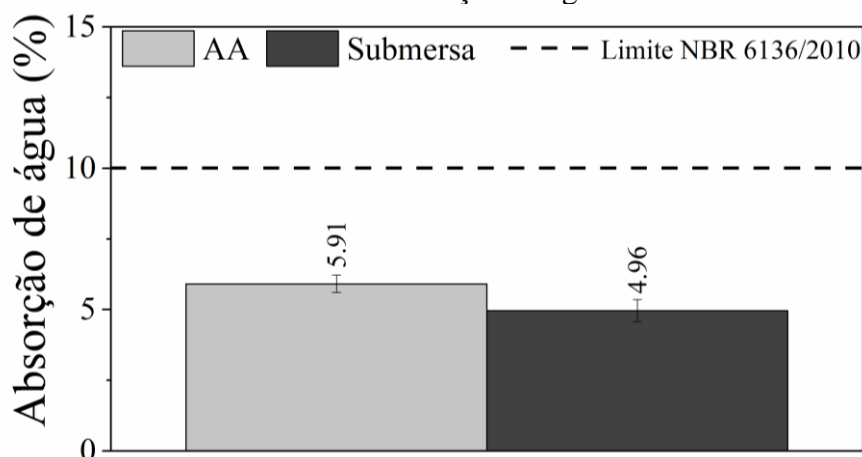
4.4 TEOR DE UMIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os Gráficos 6 e 7, representam os valores de absorção de água e teor de umidade para cura em ar livre e submersa respectivamente, para os blocos na idade de 28 dias.

O Gráfico 6 apresenta os valores de absorção de água, sendo que a média para os blocos de cura em ar livre foi de 5,91%, enquanto para os blocos de cura submersa foi de 4,96%. Portanto, os blocos de cura em ar livre apresentaram uma absorção 19,15% superior em relação aos blocos de cura submersa.

Esse resultado ocorre devido aos blocos submetidos à cura submersa terem uma maior hidratação do cimento, o que favoreceu a diminuição da porosidade do bloco e, conseqüentemente, uma absorção menor em comparação aos blocos de cura em ar livre. Além disso, conforme a norma NBR 6136:2010, os blocos estão dentro do limite permitido pela norma.

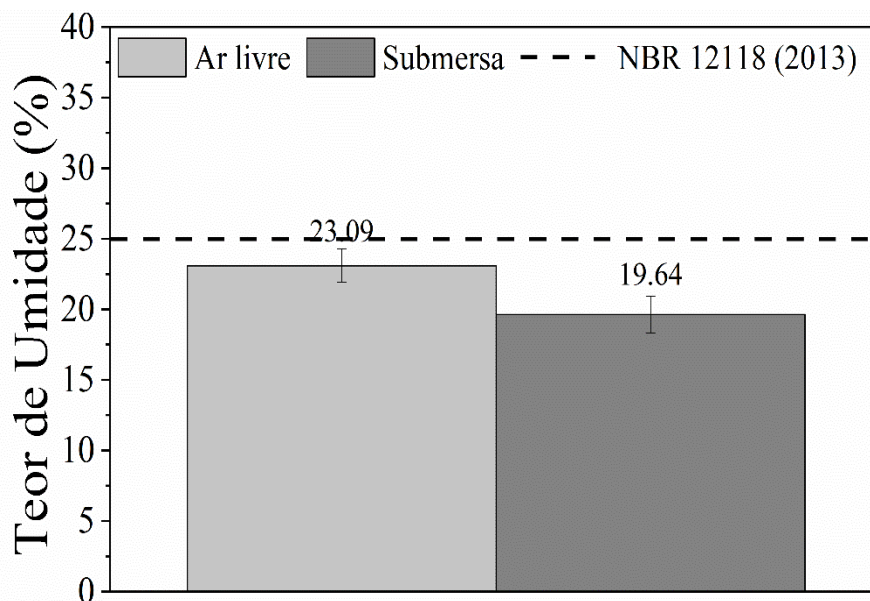
Gráfico 6 – Absorção de água.



Fonte: Autor (2023).

Conforme o Gráfico 7 o valor médio de teor de umidade para os blocos de cura em ar livre foi de 23,09% e para os de cura submersa foi de 19,64%. Os blocos de cura submersa tiveram seus valores cerca de 17,56% superior aos de cura submersa. Acrescenta ainda que, de acordo com a norma 12118:2013, os resultados obtidos estão dentro do padrão normativo.

Gráfico 7– Teor de umidade.

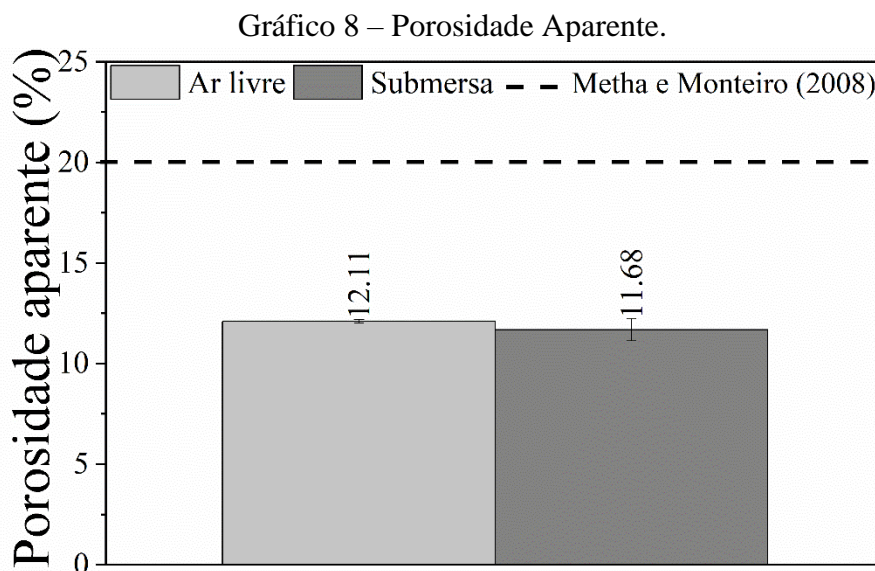


Fonte: Autor (2023).

4.5 POROSIDADE APARENTE

O ensaio de porosidade aparente foi realizado com 6 amostras diferentes retiradas dos blocos de concreto da idade de 28 dias, sendo que 3 amostras foram para os blocos de cura em ar livre e 3 amostras para os blocos de cura submersa.

O Gráfico 8 mostra os valores da porosidade aparente dos blocos de concreto sendo que a média para os blocos de cura em ar livre foi de 12,11% e para a cura submersa a média foi de 11,68%. Os blocos de concreto de cura ar livre foram cerca de 3,68% superiores ao de cura submersa.



Fonte: Autor (2023)

Os valores de porosidade aparente foram menores que 20% para ambos os processos de cura estudados, desse modo, conforme mencionado pelos autores Mehta e Monteiro (2014) os blocos de concreto estão dentro do padrão esperado.

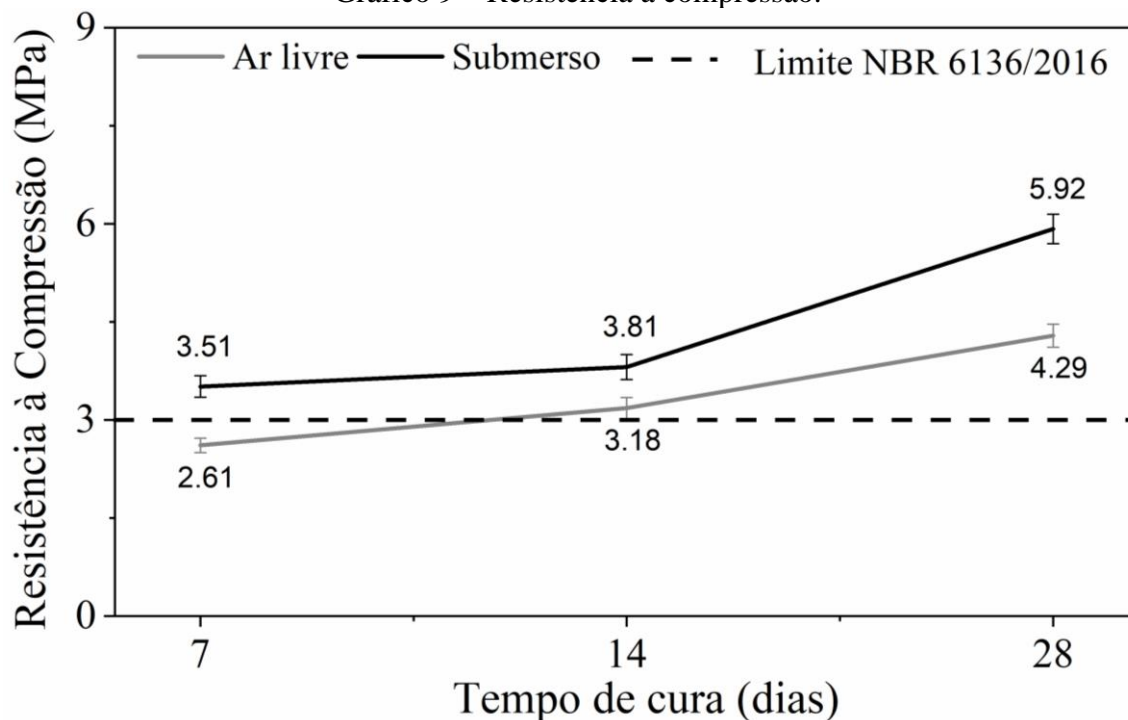
4.6 RESISTÊNCIA A COMPREENSÃO

Como já mencionado, o rompimento dos blocos de concreto foram aos 7, 14 e 28 dias de idade. Os valores de resistência à compressão dos blocos podem ser analisados pelo Gráfico 9.

Conforme os dados do Gráfico 9, a média dos valores de resistência a compressão para cura em ar livre nas idades de 7, 14 e 28 dias foram 2,61 MPa, 3,18 MPa e 4,29 MPa respectivamente. Já para os de cura submersa a média da resistência a compressão para as idades de 7, 14 e 28 dias foram de 3,51 MPa, 3,81 MPa e 5,92 MPa respectivamente.

Nesse sentido na idade de 7 dias os blocos de concreto de cura submersa tiveram um percentual de 34,48% acima dos blocos que estavam em cura em ar livre, já para a idade de 14 dias os blocos de cura submersa tiveram um valor percentual de 19,81% superior ao de cura em ar livre e para a idades de 28 dias os blocos de cura submersa é 37,99% acima dos blocos de cura em ar livre.

Gráfico 9 – Resistência a compressão.



Fonte: Autor (2023)

Pode-se observar que os blocos que estavam em uma cura submersa tiveram uma resistência à compressão acima de 3MPa, sendo esse o valor mínimo de acordo com a NBR 6136:2016 e os blocos de cura em ar livre tiveram sua resistência à compressão superior a 3MPa a partir da idade de 14 dias.

Os blocos submetidos à cura submersa apresentaram resistência superior aos blocos sob cura ao ar livre, devido ao processo de hidratação do concreto. Ao ficarem imersos em água, os blocos em cura submersa tiveram um ambiente favorável para o processo de hidratação do cimento, o que resultou em um maior preenchimento dos vazios e, conseqüentemente, uma resistência mais satisfatória de acordo com as normas estabelecidas.

CONCLUSÃO

Com base nas amostras coletadas na empresa localizada na cidade de Barreiras/BA, concluiu-se que:

- Os blocos estudados estão de acordo com as normas 6136:2016 e 12118:2011 no que diz respeito às medidas, resistência à compressão média e absorção de água;
- Verificou-se que os blocos de concreto sem função estrutural alcançaram resistência à compressão em um período de 14 dias, tanto para os blocos submetidos à cura submersa quanto para os blocos em cura ao ar livre.
- Os valores de porosidade aparente foram menores cerca de 20%, sendo assim está dentro da média estipulada pelos autores Metha e Monteiro.
- Os valores de índice de absorção inicial de água obtidos neste estudo foram inferiores aos valores mencionados em outros trabalhos realizados por diferentes autores.
- Por fim, É evidente que o processo de cura exerce influência nas propriedades físicas e mecânicas dos blocos de concreto.

REFERÊNCIAS

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 12118 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria: Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15873: Coordenação Modular para Edificações.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11768 - Aditivos químicos para concreto de cimento Portland.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 52 - Agregado Miúdo - Determinação de Massa Específica e Massa Específica Aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9935: Agregados – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2011.

ASOP ENGENHARIA (2018). **A importância da permeabilidade do concreto.** Disponível em <<https://www.asope.com.br/single-post/2018/10/16/a-importancia-da-permeabilidade-do-concreto>> Acesso em: 17 fev. 2023

BAUER, Falcão, L. A. (Coord.). **Materiais de Construção V.1.5.ed. revisada.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 488p.

blocos-de-concreto/> 2012. Acesso em: 15 set. 2022.

CORREIA, G. S., RIVAS MERCURY J. M. “**Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de blocos de vedação fabricados na região Itapecuru Mirim- Ma**” 55º Congresso Brasileiro de Cerâmico, 2011.

CORREIA, Suenne Andressa Pinho e Alberto Casado Lordsleem Jr: **O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil.**

Artigo no Congresso Brasileiro de Custos (2009). Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

FERNANDES, A. V. B., Almeida, E. S. F & Andrade Filho, G. S (2016). **Bloco Cerâmico x Bloco de Concreto.** Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, 3(2), 37- 66. <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/2623>.

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

GONÇALVES, V. **Como Abrir Uma Empresa de Blocos de Concreto.** Disponível em: <<http://www.novonegocio.com.br/ideias-de-negocios/como-abrir-uma-empresa-de-blocos-de-concreto/>> 2012. Acesso em: 15 set. 2022.

HEINHARDT, A. F.; **“Utilização do Entulho de Alvenaria Estrutural como Agregado na Fabricação de Blocos Estruturais”.** Trabalho de Conclusão de Curso, 2010.

HELENE, Paulo, and Bernardo F. Tutikian. **“Dosagem dos concretos de cimento Portland.”** Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON 2 (2005): 439-471.

HENDRY, A.W. (1998). **Structural Masonry.** 2.ed. Hong Kong: Macmillan Press Ltd., 1998. Disponível em: <[http://www.scirp.org/\(S\(oyulxb452alnt1aej1nfow45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1623892](http://www.scirp.org/(S(oyulxb452alnt1aej1nfow45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1623892)> Acesso em: 15 set. 2022.

INMETRO(2001). Bloco Cerâmico (Tijolo). <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>

LORDSLEEM JÚNIOR, A.C. et al. **Blocos de concreto para vedação: estudo da conformidade através de ensaios laboratoriais.** In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_073_519_12236.pdf> Acesso em: 15 abr. 2023.

MACIEL, Kuelson Rândello Dantas, **Desenvolvimento de blocos de concreto para construção de silos circulares de alvenaria sem função estrutural,** Paraíba: Dissertação (Mestrado) -UFPB – Campina Grande- PB, 2002, 106p.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto de projeto**. 1993. 278 f. Dissertação (Mestrado [em Engenharia Civil]) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, [1993].

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Alvenaria não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 1993. 144p. Dissertação (Mestrado em engenharia) apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO. Microestrutura, propriedades e materiais**. 2. Ed. São Paulo, IBRACON, 2014

MILITO, J. A. de. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Apostila. Coordenador Eng. Civil e Prof. Da PUC-Campinas. Sorocaba: Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS), 2006, 303p.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Estruturas em Alvenaria e Concreto Simples**. São Paulo: Editora Blucher, 1995. 374 p.

NAIARA, Maria Gomes da Silva, **Reaproveitamento de resíduos de vidro temperado para a produção de blocos de concreto tipo vedação**, Goiás: Trabalho de conclusão de curso -Uni Anhanguera- Goiânia-GO, 2019, 14p.

NASCIMENTO, Paulo H. M. et. al. “**Análise de porosidade aparente na fabricação de porcelanato utilizando resíduos de caulim e granito sinterizados a temperatura de 1250°C**”. CONIDS 1 Congresso Internacional da Diversidade do Seminário 2016.

NONATO, L.F.C. **Alvenaria estrutural e suas implicações**. Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2013. Disponível em:<<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/108.pdf>> Acesso em: 17 abr. 2023.

NOVAKEM. **Aditivo Plastificante**. Disponível em: <https://www.novakem.com.br/plastkem/>

OLIVEIRA, VANESSA “**Análise da resistência à compressão de blocos de concreto com função estrutural: um estudo de caso comparativo para troços de 1:10 e 1:13 com cura submersa e ao ar livre**”. Trabalho de Conclusão de Curso 2015.

PADILHA, S. A.; Paliga, C. M.; Torres, A. S.;" **Estudo Comparativo da Resistência à Compressão de Blocos de Concreto Produzidos com Diferentes Cimentos e Dosados em Ambiente de Fábrica**". REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil 2017.

PAGE, A. W. e SHRIVE. N. G. “**A critical ornal ent of compression tests for hollow block masonry**”. *Masonry International ornal*, 1988, n° 2, v2, p. 64-70.

PALMA, M. C.; Bosse, R. M; Lacher, J. V. M.; Vieira- Gealh, J. K.;" **Influência de Sistema de Cura de Blocos de Concreto na Resistência a Compressão: Cura Natural x Cura Térmica**". *Simpgeu 2012*.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS. **Alvenaria estrutural. Sapucaia do Sul**, 2012.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, Luiz Roberto; OLIVEIRA, Alexandre Lima de; BEDIN, Carlos Augusto. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis, 2002. 208p.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, Luiz Roberto; OLIVEIRA, Alexandre Lima de; BEDIN, Carlos Augusto. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis, 2002. 208p.

REBOUÇAS. **Trabalho de Conclusão de Curso – Avaliação da Qualidade de Blocos de Concreto para Vedação**. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4615/1/LucasER_ART.pdf

ROCHA, J.A. **Diagnósticos dos procedimentos executivos nos canteiros de obras de alvenaria estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91467/rocha_ja_me_ilha.pdf?sequence=1> Acesso em: 17 abr. 2023.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia de argilas**.2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 408p. v. 1, 1989.

SBRIGHI NETO, C. **Agregados naturais, britados e artificiais para concreto**. In: _____. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011. Editor Geraldo C. Isaia, v. 1, p. 233-260.

SEBRAE. **Fábrica de tijolo de concreto**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-tijolo-de-concreto,a7e87a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em: 17 abr. 2023

SILVA JÚNIOR, F. A. **Avaliação do efeito da adição de resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formulação de compósitos cimentíceos**. 2014. 183 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SILVA, A.S. **A evolução dos edifícios em alvenaria auto-portante**. Seminário PEF- 5707 “Concepção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos”. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenharia Civil – Departamento de Estruturas e Fundação. 19/02/2014. Disponível em: <<https://www.trabalhosgratuitos.com/Exatas/Engenharia/Alvenaria-Estrutural-214502.html>> Acesso em: 20 abr. 2023.

SILVA, G. M.; Santos, M. J. F.; Santos, M. D. F.; Cavalheiro, O. P.; “**Consideração Sobre o Ensaio de Absorção de Água Inicial de Blocos**” Artigo publicado em 2006.

SILVA, M. N. G; “**Reaproveitamento de Resíduos de Vidro Temperado para Produção de Blocos de Concreto Tipo Vedação**”. Trabalho de Conclusão de Curso, 2019.

SOARES, Aurenly Livia Lopes. “**Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Blocos de Concreto Fabricados com Agregado Reciclado de Telhas Cerâmicas**”. Trabalho de Conclusão de Curso 2023.

SOUSA, Hipólito: **Alvenarias em Portugal. Situação actual e perspectivas futuras**. Seminário sobre paredes de alvenaria. Porto, 2002.

TANGO, C. E. S. **Blocos de concreto: dosagem, produção e controle de qualidade**. 1. Ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1984.

TANGO, Carlos E. de S.. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. (International Seminar On Structural Masonry For Developing Countries) – IPT: São Paulo, 1994. p.22-32.

THOMAZ, Ercioet al. Código de Práticas N° 01: **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT, 2009. 65 p.