

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NOÉ CALIXTO FILHO

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE PREPARAÇÃO DAS BASES DE CORPOS DE PROVA DE
CONCRETO UTILIZANDO PLACAS DE NEOPRENE E RETIFICAÇÃO NO ENSAIO
DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**

Delmiro Gouveia – AL

2022

NOÉ CALIXTO FILHO

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE PREPARAÇÃO DAS BASES DE CORPOS DE PROVA DE
CONCRETO UTILIZANDO PLACAS DE NEOPRENE E RETIFICAÇÃO NO ENSAIO
DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Alexandre Nascimento de Lima

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C154i Calixto Filho, Noé

Influência do tipo de preparação das bases de corpos de prova de concreto utilizando placas de neoprene e retificação no ensaio de resistência à compressão / Noé Calixto Filho. - 2022.

54 f. : il.

Orientação: Alexandre Nascimento de Lima.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Construção civil. 2. Resistência à compressão. 3. Concreto. 4. Neoprene. 5. Retificação. 6. Análise comparativa. I. Lima, Alexandre Nascimento de. II. Título.

CDU: 624.012.45

Folha de Aprovação

NOÉ CALIXTO FILHO

INFLUÊNCIA DO TIPO DE PREPARAÇÃO DAS BASES DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO UTILIZANDO PLACAS DE NEOPRENE E RETIFICAÇÃO NO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão e aprovada em 30 de novembro de 2022.

Alexandre Nascimento de Lima

(Orientador – Prof. MSc. Alexandre Nascimento de Lima, UFAL – Campus do Sertão)

Banca examinadora:

Odair Barbosa de Moraes

(Examinador Interno – Dr. Odair Barbosa de Moraes, UFAL – Campus do Sertão)

Beatriz Pereira de Souza

(Examinadora Externa – Eng. Beatriz Pereira de Souza, UFPE – Centro de Tecnologia e Geociências)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me amparado e me acompanhado ao longo da graduação e por toda minha vida, sempre me dando força para superar todas as dificuldades encontradas ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço em especial aos meus pais Maria Rosita e Noé que sempre me incentivaram e me deram todo o apoio que eu precisava ao longo de todo o meu crescimento, sem eles eu não seria nada. Agradeço também minhas irmãs Maria Francielle e Jaiana Sheile que sempre estiveram presentes me aconselhando e me ajudando da melhor forma possível.

Agradeço a minha namorada Larissa Santos, por todo companheirismo e por ter sempre me apoiado ao longo desse tempo que estamos juntos e durante esse trabalho.

Agradeço aos irmãos e companheiros Ailton, Anthony, Ewerton, Felipe, Jaime, João, Leonardo, Laura, Murilo, Micael e Nathan que fizeram parte de toda a minha caminhada na graduação e que vou levar comigo por uma vida inteira, não só como colegas, mas também como família.

Agradeço a I9 Engenharia JR que me possibilitou um grande crescimento tanto pessoal quanto profissional, onde foi possível vivenciar o que só a graduação não dispõe, que é o âmbito de trabalho e o contato com meio empreendedor.

Agradeço também ao meu orientador Alexandre Nascimento, por todo o apoio e suporte necessário para conclusão de cada etapa desse trabalho.

Por último, agradeço todos os professores que fizeram parte da minha graduação, aos técnicos e todo mundo que contribuiu, de certa forma, com o meu desenvolvimento como pessoa e como aluno.

“Porque todo o que é nascido de Deus vence o mundo;
e esta é a vitória que vence o mundo, a nossa fé”.

(1 João 5:4)

RESUMO

A resistência à compressão é uma das principais características do concreto, um concreto de boa qualidade e aceitável deve apresentar uma resistência dentro do esperado e proposto na norma. O estudo apresentado nesse trabalho tem como fundamentação diversas normas e pesquisas, que foram destacadas e citadas ao longo do trabalho. Algumas etapas foram necessárias no desenvolvimento do trabalho, tais como, ensaio de resistência a compressão do concreto, ensaio granulométrico e outros procedimentos, afim de chegar no objetivo central do estudo. Todos os ensaios e procedimentos foram realizados no laboratório de materiais da própria universidade. Diante disso, o estudo em questão tem como foco principal uma análise comparativa entre dois métodos de preparação das bases, sendo eles: utilizando placas de Neoprene e em sequência usando a retificação, com a finalidade de identificar a influência de cada método no resultado final do ensaio do mesmo concreto. Com esse propósito, foi realizado a execução do ensaio de resistência à compressão de dois tipos de concreto, utilizando os dois métodos mencionados anteriormente para preparação das bases. Os resultados apresentaram características distintas entre os métodos, sendo que, o método onde foi feito o uso de retificação mostrou um melhor desempenho quando comparado com a utilização de placas de Neoprene, uma vez que, apresentou uma menor dispersão nos resultados. Portanto, podemos concluir que, o método de retificação das bases de corpos de prova, para o ensaio de resistência à compressão do concreto, tem uma maior eficiência em comparação com a utilização das placas de Neoprene.

Palavras-chave: Resistência à Compressão do Concreto; Análise Comparativa; Métodos de Preparação das Bases; Retificação; Neoprene.

ABSTRACT

The compressive strength is one of the main characteristics of concrete, a good quality and acceptable concrete must present a resistance within the expected and proposed in the standard. The study presented in this work is based on several standards and research, which were highlighted and cited throughout the work. Some steps were necessary in the development of the work, such as concrete compressive strength test, granulometric test and other procedures, in order to reach the main objective of the study. All tests and procedures were carried out in the university's own materials laboratory. In view of this, the study in question has as its main focus an analysis comparative analysis between two methods of preparation of the bases, being them: using Neoprene plates and in sequence using the rectification, in order to identify the influence of each method in the final result of the test of the same concrete. For this purpose, the compressive strength test of two types of concrete was carried out, using the two methods mentioned above for the preparation of the bases. The results showed different characteristics between the methods, and the method where the use of rectification was made showed a better performance when compared to the use of Neoprene plates, since it presented a lower dispersion in the results. Therefore, we can conclude that the method of rectification the bases of specimens, for the test of compressive strength of concrete, has a higher efficiency compared to the use of Neoprene plates.

Keywords: Compressive Strength of Concrete; Comparative Analysis; Base Preparation Methods; Rectification; Neoprene.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipo de ruptura de corpo de prova.....	33
Figura 2 – Betoneira e o concreto produzido	35
Figura 3 - Slump test	36
Figura 4 - Adensamento do concreto na mesa vibratória	37
Figura 5 - Grupos de corpos de prova para cada resistência	38
Figura 6 - Cura úmida dos corpos de prova	39
Figura 7 - Discos de Neoprene	40
Figura 8 - Retífica.....	40
Figura 9 - Prensa hidráulica.....	41
Figura 10 - Corpo de prova logo após o rompimento	42
Figura 11 - Tipo de ruptura F no corpo de prova	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo	45
Gráfico 2 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo	46
Gráfico 3 - Curva normal do concreto de 18 MPa	48
Gráfico 4 - Curva normal do concreto de 30 MPa	49
Gráfico 5 - Resistências médias para cada grupo de concreto	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa mínima, por amostra de ensaio.....	20
Tabela 2 - Tolerância para a idade de ensaio.....	24
Tabela 3 - Fator de correção h/d.....	26
Tabela 4 - Proporção para cada traço de concreto.....	36
Tabela 5 - Composição granulométrica para agregado graúdo.....	44
Tabela 6 - Massas específicas/absorção para agregado graúdo.....	45
Tabela 7- Composição granulométrica para agregado miúdo.....	46
Tabela 8 - Massas específicas/absorção para agregado miúdo.....	47
Tabela 9 - Dados dos grupos de concreto.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CP	Corpo de prova
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NM	Norma Mercosul
SI	Sistema Internacional de Unidades

LISTA DE SIMBOLOS

$^{\circ}C$	Grau Celsius
a/c	Relação entre água e cimento
cm	Centímetro
$S. d.$	Desvio padrão
D	Diâmetro do corpo de prova
f_c	Resistência à compressão do concreto
f_{cm}	Resistência média à compressão do concreto
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto
F	Força máxima alcançada
kg	Quilograma
kgf/cm^2	Quilograma força por centímetro quadrado
kg/cm^3	Quilograma por centímetro cúbico
h/d	Relação entre a altura e o diâmetro do corpo de prova
MPa	Mega Pascal
mm	Milímetro
μm	Micrómetro
N	Newtons
psi	Pound force per square inch
SO_2	Dióxido de enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Considerações iniciais	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	Estrutura do Trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Concreto	19
2.2	Ensaio de análise granulométrica dos agregados	19
2.2.1	Execução do ensaio	19
2.3	Método de dosagem	21
2.4	Ensaio de resistência à compressão	22
2.4.1	Execução do ensaio	23
2.4.2	Cálculo da resistência	25
2.5	Capeamento	26
2.5.1	Enxofre	27
2.5.2	Pasta e argamassa de cimento	28
2.6	Preparação das bases dos CPs	29
2.6.1	Retificação	29
2.6.2	Almofadas elastoméricas (Neoprene)	30
2.7	Tipos de ruptura	32
3	METODOLOGIA	34
3.1	Cimento Portland	34
3.2	Agregados graúdo e miúdo	34
3.3	Confecção dos concretos	34
3.4	Método de dosagem	35
3.5	Abatimento do tronco de cone (<i>Slump test</i>)	36
3.6	Adensamento dos corpos de prova	37
3.7	Confecção dos corpos de prova	37
3.8	Cura úmida dos corpos de prova	38
3.9	Preparação das bases	39
3.10	Rompimento dos corpos de prova	41
3.11	Força de ruptura	42
3.12	Tipo de ruptura	42
3.13	Análise	43

4	RESULTADOS	44
4.1	Cimento	44
4.2	Agregado graúdo	44
4.3	Agregado miúdo	45
4.4	Concreto de 18 MPa.....	47
4.5	Concreto de 30 MPa.....	48
4.6	Resultados gerais.....	49
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A – DADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, devido a algumas das suas características, tais como versatilidade, alta capacidade de produção e facilidade de moldar conforme a necessidade, além da durabilidade. Pode-se, também, encaixar o fator econômico, pois é um material relativamente barato e regularmente encontrado em todo o mundo. Fator que também pode ser citado é a sua resistência à água. Porém, uma das suas principais características é a resistência a compressão, ou seja, quanto o concreto pode suportar de carga até que o mesmo entre em colapso. Essa resistência pode ser determinada por meio do ensaio de compressão em corpos-de-prova cilíndricos.

Como pode-se notar, existem diversas condições que influenciam na qualidade do material. Assim, se faz necessário um controle tecnológico do concreto para garantir a melhor qualidade do mesmo. Dessa forma, acaba incluindo a realização de uma sequência de ensaios, a fim de analisar se o material oferecido no canteiro dispõe dos atributos esperados e definidos no projeto estrutural.

O concreto pode ser aplicado em diversos tipos de obras que necessitem de versatilidade, durabilidade e resistência. Porém, como desvantagem, destaca-se o despreparo dos mais diversos profissionais quanto a correta aplicação e controle de qualidade do material.

Diante disso, é necessário todo um preparo intelectual voltado à execução desse processo, já que o mesmo tem o propósito de assegurar o melhor desempenho possível da estrutura e livrar-se de patologias futuras que sejam capazes de comprometer a vida útil da mesma.

Ao longo do tempo foram surgindo alternativas para a preparação das bases dos corpos de prova que são usados nos ensaios de resistência à compressão do concreto, a fim de tornar a superfície desses ainda mais uniformes, além de propor uma melhor experiência nos ensaios de análise do concreto. O ensaio de resistência à compressão se tornou um dos mais importantes para controle de qualidade, já que é uma das principais características do concreto. Sendo assim, o concreto em análise deve atender a resistência exigida na sua função e para isso é realizado esse tipo de procedimento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a influência de dois métodos utilizados na preparação das bases dos corpos de prova, com dois diferentes níveis de resistências, de acordo com os resultados obtidos a partir do ensaio de resistência à compressão.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar a influência da técnica de capeamento do corpo-de-prova com uso do Neoprene nos resultados de ensaio de resistência à compressão em corpo-de-prova cilíndrico de concreto.
- Analisar a influência da técnica de capeamento do corpo-de-prova utilizando a técnica de desgaste mecânico da superfície nos resultados de ensaio de resistência à compressão em corpo-de-prova cilíndricos de concreto.
- Determinar qual das técnicas utilizadas é mais recomendada para concreto com f_{ck} igual a 18 MPa e 30 MPa.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho em questão foi construído em 5 capítulos, onde o primeiro capítulo traz a introdução com informações e curiosidades relacionadas ao tema, além disso tem-se os objetivos sendo eles o principal e o específicos, em seguida a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo aborda o referencial teórico, onde é visto os conceitos e estudos fundamentados em outros trabalhos, além de fornecer uma base nos norteiam para um bom desenvolvimento de qualquer pesquisa relacionada ao tema em questão.

O terceiro capítulo relata em detalhes a metodologia utilizada na construção do presente trabalho, onde mostra cada etapa e procedimento necessário, desde a obtenção dos dados, até a análise dos mesmos, assim auxiliando na elaboração dos resultados.

No quarto capítulo é mostrado todos os resultados colhidos a partir da pesquisa, assim como a análise dos dados e discussões perante ao comportamento, diferença e variações de cada material em questão.

No quinto capítulo é apresentado a conclusão a respeito dos resultados, relatando uma análise mais resumida do estudo em questão, além de uma sugestão para um estudo mais específico do assunto.

Por fim é apresentado as referências bibliográficas, que forneceram todo suporte teórico para a pesquisa, finalizando com os anexos contendo informações utilizadas no presente trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é abordada a fundamentação teórica, com artigos, definições e normas que foram utilizadas como base para o desenvolvimento e estrutura do trabalho em questão.

2.1 Concreto

O concreto é um dos materiais mais importantes no crescimento da construção civil. Suas características e propriedades contribuíram para um avanço nesse setor; uma melhor execução e uma maior durabilidade podem ser citadas como algumas dessas características.

De acordo com Carvalho e Figueiredo Filho (2021), o concreto é um material cuja sua composição é formada por água, cimento e agregados, quando associados podem se tornar:

- **Pasta:** cimento + água;
- **Argamassa:** pasta + agregado miúdo;
- **Concreto:** argamassa. + agregado graúdo;
- **Microconcreto:** concreto em que o agregado graúdo tem dimensões reduzidas.

Para que o concreto confeccionado consiga atender às propriedades desejadas, os materiais escolhidos precisam ser estudados.

2.2 Ensaio de análise granulométrica dos agregados

O ensaio granulométrico tem como objetivo determinar a porcentagem para cada porção de tamanho dos agregados, representando em massa cada uma dessas frações que estão passando pelo ensaio. A partir do ensaio é possível traçar um gráfico com uma curva que representa a distribuição granulométrica dos agregados em questão.

2.2.1 Execução do ensaio

Segundo a NBR 17054 (ABNT, 2022), da amostra remetida ao laboratório, depois de umedecida para evitar segregação e de cuidadosamente misturada, formar duas amostras para o ensaio, de acordo com a NBR 16915 (ABNT, 2021). A massa mínima por amostra de ensaio é indicada na tabela 1.

Tabela 1 - Massa mínima, por amostra de ensaio

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de Ensaio (kg)
< 4,75	0,3
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
Após secagem	

Fonte: NBR 17054 (2022).

De acordo com o item 5.2.1 NBR 17054 (ABNT, 2022), deve-se secar as amostras de ensaio em estufa (105 - 110) °C, esfriar à temperatura ambiente e determinar suas massas (M1 e M2). Tomar a amostra (M1) e reservar a outra (M2). O item 5.2.3 diz que: colocar a amostra ou porções dela sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. Se o material apresentar quantidade significativa de materiais pulverulentos, ensaiar previamente as amostras conforme a NBR 16973 (ABNT, 2021). Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica.

Ainda na NBR 17054 (ABNT, 2022), é necessário promover a agitação mecânica do conjunto por um tempo razoável, para permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra. Se não for possível a agitação mecânica do conjunto, proceder

conforme 5.2.10, que destaca que: se não for possível a agitação mecânica do conjunto, classificar manualmente toda a amostra em uma peneira para depois passar à seguinte.

Em concordância com a NBR 17054 (ABNT, 2022), é preciso destacar e agitar manualmente a peneira superior do conjunto (com tampa e fundo falso encaixados) até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido. A agitação da peneira deve ser feita em movimentos laterais e circulares alternados, tanto no plano horizontal quanto inclinado.

- NOTA: Quando se trata do peneiramento de agregados graúdos, se faz necessário, experimentar manualmente a passagem de cada um dos grãos pela tela, contudo sem fazer pressão sobre esta.

2.3 Método de dosagem

De acordo com Rodrigues (1998), no item 2.1, a dosagem pode ser definida como sendo o proporcionamento adequado dos materiais, cimento, água, agregados, e eventualmente aditivos, de maneira que o produto resultante dessa mistura atenda aos seguintes requisitos:

- a) No estado fresco, deve possuir trabalhabilidade adequada para que, de acordo com os meios disponíveis na obra, possa ser transportado, lançado e adensado, sem ocorrência de segregação, de acordo com as normas corrente da boa execução de obras de concreto;
- b) No estado endurecido, o concreto deve possuir as características especificadas no projeto da obra, isto é, deve ter resistência, durabilidade, permeabilidade etc, compatíveis com as solicitações impostas pelas condições de destino a que estará sujeita a obra acabada; e,
- c) Finalmente todas estas propriedades exigidas do concreto, tanto no estado fresco como no endurecimento, devem ser conseguidas com o menor custo possível, para que a obra seja economicamente viável e competitiva com os outros materiais alternativos para a sua execução.

Segundo Rodrigues (1998), o item 3.1. considerando o método ABCP/ACI, o objetivo final da dosagem é a determinação da quantidade com que cada material – cimento, água e agregados – entra na composição do concreto, ou seja, o consumo dos materiais por metro cúbico de concreto. Os procedimentos adotados na realização dessa mistura é o que constitui um método de dosagem.

2.4 Ensaio de resistência à compressão

De acordo com Neville (1997), existem vários parâmetros para a determinação da qualidade do concreto. Entretanto, a resistência à compressão é a mais usual, uma vez que ela dá uma ideia geral de como o concreto se apresenta. Esta propriedade está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratado, além de que esta propriedade pode ser facilmente determinada através de ensaios destrutivos de compressão uniaxial em pequenas amostras.

Segundo Mehta e Monteiro (2007), no concreto, a resistência é relacionada com a tensão requerida para causar a fratura e é sinônimo do grau de ruptura no qual a tensão aplicada alcança o seu valor máximo. O ensaio de resistência à compressão é utilizado para determinar a resistência do concreto e conseqüentemente nos fornece uma base de dados e informações que colaboram para um estudo de controle de qualidade. Entretanto, existem vários fatores que podem influenciar no resultado do ensaio de resistência compressão axial, e assim mascarar a resistência do concreto, pois a resposta do concreto às tensões aplicadas não depende somente do tipo de solicitação, mas também de como a combinação de vários fatores afeta a porosidade dos diferentes componentes estruturais do concreto.

Para uma melhor realização desse ensaio, há algumas recomendações e pontos a serem seguidos para que seja alcançado um resultado com o máximo de informações e uma maior exatidão. A determinação da resistência a compressão é, em geral, feita por meio de um ensaio destrutivo realizado em corpos-de-prova cilíndricos, como sugere a NBR 5739 (ABNT, 2018).

Segundo o item 4.4 da NBR 5739 (ABNT, 2018), antes da execução do ensaio, devem ser preparadas as bases dos corpos de prova e testemunhos, de acordo com o estabelecido na NBR 5738 (ABNT, 2018) e NBR 7680-1 (ABNT, 2015), respectivamente. Após a preparação das bases, deve-se garantir que os corpos de prova e testemunhos mantenham suas condições de cura.

Segundo a NBR 5739 (ABNT, 2018), no item 4.5: os corpos de prova ou testemunhos a serem ensaiados devem atender a relação altura/diâmetro (h/d) nunca maior que 2,06. Caso essa relação seja menor que 1,94, efetuar as correções descritas no item 6.1.2. Essa e mais algumas precauções devem ser tomadas acerca das condições do corpo-de-prova analisado. Recomenda-se que o ensaio seja realizado, tanto quanto possível, imediatamente após a remoção do corpo de prova do seu local de cura. Outra nota diz que, dependendo do tipo de capeamento utilizado, pode-se optar pela preparação antecipada das bases dos corpos de prova.

Tendo em vista que, quando as condições não atendem alguns dos requisitos citados anteriormente, podem atrapalhar o resultado final do ensaio. Uma dessas condições trata-se do capeamento, que é usado para regularizar de certa forma a base do corpo-de-prova, fazendo com que a força exercida sobre o mesmo seja, o máximo possível, perpendicular ao eixo central do corpo de prova, pois a irregularidade da base pode provocar um carregamento desuniforme e com isso, afetando a resistência final da peça.

2.4.1 Execução do ensaio

A NBR 5738 (ABNT, 2015) destaca nos itens 4.1.1 e 4.1.1.1, que os moldes cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm. As medidas diametraais têm tolerância de 1 % e a altura, 2 %. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde.

Na mesma norma, o item 4.1.3.1 aponta que as laterais e a base do molde devem ser de aço ou outro material não absorvente, que não reaja com o cimento Portland e suficientemente resistentes para manter sua forma durante a operação de moldagem. O molde deve ser aberto em seu extremo superior e permitir facilmente a desmoldagem, sem danificar os corpos de prova. A base, colocada no extremo inferior do molde, deve ser rígida e plana e ter dimensões suficientes para manter a sua estabilidade quando da moldagem, com tolerância de planeza de 0,05 mm.

Já o item 7.6 relata que, sempre que possível, os corpos de prova devem ser moldados no local onde devem ser armazenados. Evitar manusear e transportar os corpos de prova recém-moldados. Ainda no item 7.6, quando não for possível realizar a moldagem no local de armazenamento, os corpos de prova devem ser levados imediatamente após o rasamento, indicado em 7.5, até o local onde devem permanecer durante a cura inicial. Ao manusear os corpos de prova, evitar trepidações, golpes, inclinações e, de forma geral, qualquer movimento que possa perturbar o concreto ou a superfície superior do corpo de prova.

Conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015) descreve no item 8.1, após a moldagem é necessário colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que possa perturbar o concreto. Durante pelo menos as primeiras 24 horas para corpos de prova cilíndricos, e 48 horas, para corpos de prova prismáticos, todos os corpos de prova devem ser armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água

do concreto. Em casos especiais, os corpos de prova podem ser desmoldados em idades mais recentes e esse fato pode constar no relatório do ensaio.

A NBR 5739 (ABNT, 2018) determina no item 7.2, que antes de proceder à moldagem dos corpos de prova, os moldes e suas bases devem ser convenientemente revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral ou outro lubrificante que não reaja com o cimento. Ainda no item 7.2, a superfície de apoio dos moldes deve ser rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que possam modificar a forma e as propriedades do concreto dos corpos de prova durante sua moldagem e início de pega.

De acordo com o item 5.1 da mesma norma é necessário determinar o diâmetro a ser utilizado para o cálculo da área da seção transversal com exatidão de $\pm 0,1\text{mm}$, pela média de dois diâmetros, medidos ortogonalmente na metade da altura do corpo de prova ou testemunho. Já no item 5.2 destaca que é fundamental determinar a altura do corpo de prova ou testemunho e deve ser medido sobre seu eixo longitudinal, com exatidão de $\pm 0,1\text{mm}$, incluindo o capeamento.

Vale ressaltar, caso seja realizado o controle geométrico dos moldes conforme especificado na NBR 5738 (ABNT, 2015), pode-se dispensar a medição do diâmetro e da altura de corpos de prova moldados, adotando-se as dimensões nominais destes, desde que seja atendido o intervalo da relação h/d entre 1,94 e 2,06.

A NBR 5739 (ABNT, 2018), no item 5.3, define que os corpos de prova devem ser rompidos à compressão em uma dada idade especificada com as descrições especificadas na tabela 2.

Tabela 2 - Tolerância para a idade de ensaio

Idade de ensaio	Tolerância permitida
1 dia	0,5 hora
3 dias	2 horas
7 dias	6 horas
28 dias	24 horas
63 dias	36 horas
91 dias	48 horas
NOTA: Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.	

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018).

A mesma norma ressalta que, antes de iniciar o ensaio, as faces dos pratos e do corpo de prova devem ser limpas e secas, antes destes serem colocados em posições de ensaio. O corpo de prova ou testemunho deve ser cuidadosamente centralizado no prato inferior, com auxílio dos círculos concêntricos de referência, observando-se o sentido de moldagem. A escala de força escolhida para o ensaio deve ser tal que a força de ruptura do de prova ocorra no intervalo em que a máquina foi calibrada.

De acordo com o item 5.5 da NBR 5739 (ABNT, 2018), a escala de força escolhida para o ensaio deve ser tal que a força de ruptura do corpo de prova ou testemunho ocorra no intervalo que em a máquina foi calibrada.

Em seu item 5.6, a NBR 5739 (ABNT, 2018) define que o carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente e sem choques, com a velocidade de carregamento de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s; a velocidade de carregamento deve ser mantida constante durante o ensaio. O item seguinte da norma reforça que o carregamento só deve cessar quando houver uma queda de força que indique a ruptura.

2.4.2 Cálculo da resistência

Conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018), para calcular a resistência a compressão utilizamos a seguinte expressão:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (\text{Equação 2.1})$$

onde:

f_c é a resistência à compressão, expressa em megapascals (Mpa);

F é a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);

D é o diâmetro do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

Ainda na NBR 5739 (ABNT, 2018), em seu item 6.1.2, indica que, no caso de corpos de prova com relação h/d menor que 1,94, multiplicar a força F pelo fator de correção correspondente ao h/d encontrado, conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Fator de correção h/d

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,86
NOTA: Valores intermediários podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.					

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018).

De acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018), a apresentação dos resultados de resistência à compressão dos exemplares, pode ser expressa conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022).

2.5 Capeamento

Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015) item 9.3.2.1, consiste no revestimento dos topos dos corpos de prova com uma fina camada de material apropriado, com as seguintes características:

- a) aderência ao corpo de prova;
- b) compatibilidade química com o concreto;
- c) fluidez, no momento de sua aplicação;
- d) acabamento liso e plano após endurecimento;
- e) resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

Em concordância com a NBR 5738 (ABNT, 2015) item 9.3.2.3, a espessura da camada de capeamento não pode exceder 3 mm em cada base. Existem vários tipos de capeamento com o mesmo objetivo citado anteriormente, alguns desses são mais comuns e mais utilizados nos ensaios, entre eles: capeamento com enxofre e pasta de cimento.

Ainda na NBR 5738 (ABNT, 2015) é relatado que outros processos podem ser adotados, desde que estes sejam submetidos à avaliação prévia por comparação estatística, com resultados obtidos de corpos de prova retificados por processo tradicional e os resultados obtidos apresentem-se compatíveis.

A realização da forma correta de qualquer um dos tipos de capeamento é primordial para uma boa confiabilidade nos resultados do ensaio de resistência do concreto, com disso, se faz necessário uma certa quantidade de corpo de prova com diferentes idade de cura sendo da mesma remessa do concreto em estudo, para uma maior base de dados e conseqüentemente uma

maior assertividade em relação a sua resistência final, já que um único corpo de prova pode apresentar um defeito particular que pode atrapalhar o resultado final quando não é analisado em lote.

Vale destacar que outros fatores podem influenciar na resistência à compressão do concreto, tais como: dosagem do concreto, o tempo de cura, lançamento e adensamento do concreto.

2.5.1 Enxofre

Rodrigues Filho e Bucher (1983) destaca que o capeamento com uma mistura de enxofre com filler inerte, aplicada em estado líquido (fundida) tem sido utilizado desde o final da década de 1920 pela facilidade de aplicação, embora seu manuseio seja perigoso, exigindo precauções quanto à segurança. Atualmente, tem-se utilizado somente o enxofre sem adições em estado líquido (fundido) para o capeamento. O uso do enxofre como material de capeamento tem como vantagens o endurecimento rápido, alta produtividade no tocante ao número de unidades capeadas num determinado período de tempo, boa aderência e elevada resistência à compressão às primeiras horas de idade.

Aguiar, Araújo e Geyer (2009) definem que, durante o preparo, a mistura de enxofre libera um gás irritante e acidificante, o dióxido de enxofre (SO_2), um poluente atmosférico responsável por vários efeitos nocivos aos seres humanos, dependendo do tempo de exposição. Esse gás é responsável pelas chuvas ácidas.

De acordo com a NM 77:96 (ABNT, 1996) item 4.2.2, deve ser formada por uma mistura de enxofre, grafite e material granuloso que passe pela peneira 150 μm devendo desenvolver, na ocasião do ensaio, resistência à compressão superior à resistência prevista para o corpo-de-prova a ser ensaiado. No mesmo item temos duas notas a serem levadas em consideração:

- a) recomenda-se a seguinte dosagem aproximada para a argamassa de enxofre (as proporções estão dadas em massa):
 - 75 % de enxofre;
 - 5 % de grafite;
 - 20 % de material inerte.
- b) recomenda-se que a resistência à compressão da argamassa de enxofre seja superior a 34,5 MPa ($\cong 345 \text{ kgf/cm}^2$), 2 horas após sua moldagem. Essa resistência

pode ser verificada com a moldagem de um molde metálico de 5 cm x 5 cm x 5 cm com a mistura homogeneizada. O cubo assim obtido deve ser ensaiado à compressão. Se, ao realizar a operação de capeamento, verifica-se que a mistura quebra ou apresenta fissuras, ela deve ser descartada.

2.5.2 Pasta e argamassa de cimento

Nos estudos de Boesing, Philippsen e Luz (2010), utilizando a pasta de cimento como capeamento em um concreto de relação a/c de 0,50 (aproximadamente 40 MPa), obtém-se uma resistência média de 37,8 MPa aos 28 dias, com um coeficiente de variação de 9,58% nos resultados. Os autores apontam a não praticidade deste método, pois a pasta de cimento requer um tempo de preparação grande, devido ao tempo de pega do cimento.

De acordo com Jerônimo (2011), alguns problemas na execução do capeamento com pasta de cimento foram encontrados, o que impossibilitou que os corpos de prova fossem rompidos. Mesmo aplicando desmoldante nas placas de vidro para que não houvesse adesão à pasta de cimento, isto não foi evitado, pois ao retirar a placa parte da pasta foi removida.

Segundo a NM 77 (ABNT, 1996), Item 4.1.1, o capeamento com pasta de cimento deve ter consistência adequada, obtida normalmente com uma relação água/cimento da ordem de 0,32 a 0,36 (em massa) com cimento Portland comum e 0,35 a 0,39 com cimento Portland de alta resistência inicial.

Segundo a NM 77 (1996) Item 4.1.2, a argamassa para capeamento deve ter dosagem de 1:1 em massa, com areia que passe pela peneira 300 μm e fique retida na peneira 150 μm (de acordo com a NM-ISO 3310-1), com relação água/cimento da ordem de 0,38.

De acordo com o Item 5.2.1 da NM 77 (1996), as bases devem ser preparadas com uma camada de pasta ou argamassa de cimento Portland, que é colocada geralmente de 2 horas a 4 horas após a moldagem dos corpos-de-prova.

Segundo o Item 5.2.3 da NM 77 (1996), de forma a evitar um eventual início de pega, a pasta ou argamassa de cimento deve ser mantida em agitação intermitente até o momento de seu emprego.

Segundo a NM 77 (1996) Item 5.2.4, a água livre ou exsudada que possa existir sobre a superfície do concreto deve ser eliminada antes do capeamento.

De acordo com a NM 77 (1996) Item 5.2.5, a pasta ou argamassa de cimento deve ser colocada em forma de tronco de cone sobre a superfície do concreto e sobre ela deve ser apoiada

a placa, aplicando a pressão necessária, de maneira uniforme e vertical, com um leve movimento de rotação oscilante, para conseguir o contato entre a placa e a borda superior do molde, em todos os pontos do mesmo. Eliminar o excesso de pasta ou argamassa e obter a total expulsão de bolhas de ar.

2.6 Preparação das bases dos CPs

Conforme explica a NBR 5738 (ABNT, 2015), as bases dos corpos de prova são preparadas para garantir a planicidade e a perpendicularidade com o eixo longitudinal do corpo de prova. A preparação das bases deve ser realizada por retificação ou com a utilização de discos de Neoprene.

2.6.1 Retificação

Conforme exalta a NBR 5738 (ABNT, 2015) Item 9.3.1.1, em relação a retificação, consiste na remoção por meios mecânicos de uma fina camada de material das bases a serem preparadas. Esta operação é normalmente executada em máquinas especialmente adaptadas para essa finalidade, com a utilização de ferramentas abrasivas. A retificação deve ser feita de tal forma que se garanta a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida e proporcione uma superfície lisa e livre de ondulações e abaulamentos. Deve ser utilizado um dispositivo auxiliar, que garanta a perpendicularidade da superfície obtida com a geratriz do corpo de prova.

A NBR 5738 (ABNT, 2015), Item 9.3.1.2, indica que não pode haver falha de planicidade em qualquer ponto da superfície tratada que possa interferir na resistência potencial do concreto.

Menezes (2011) destaca que o nivelamento dos topos dos corpos-de-prova através do processo de desgaste mecânico consiste na remoção de uma fina camada nas extremidades da peça por meio de lâminas diamantadas como em uma retificadora. O método de desgaste das superfícies do corpo-de-prova é teoricamente o que fornece os resultados mais confiáveis, uma vez que o corpo-de-prova entra em contato diretamente com os pratos da prensa, sem a interferência de nenhum outro material, como o enxofre ou Neoprene.

Pedrozo, Silveira e Marszaleck (2004) definem que a retificação implica na aplicação de uma pretensão ao concreto, o que pode diminuir sua resistência final, principalmente nas primeiras idades da amostra.

Ruduit (2006) relata o fator humano na variação dos resultados em alguns processos, pois o desgaste com espessura muito grande provoca vibrações no corpo de prova, o que prejudica a retificação e velocidades muito elevadas podem fazer com que surjam problemas nas arestas dos mesmos.

Para Chies (2011), corpos de prova (utilizando concretos produzidos com relações a/c no intervalo de 0,20 a 0,80) retificados com retífica vertical, apresentaram resultados uniformes e com baixas variações, sendo um método de preparação bastante eficiente para todas as classes de resistências. Já em retífica horizontal, apresentaram resultados bastante variáveis. Porém para concretos com resistências de até 30 MPa esse processo pode ser utilizado sem perdas significativas.

2.6.2 Almofadas elastoméricas (Neoprene)

A utilização de discos de Neoprene em ensaios de resistência à compressão para corpos-de-prova cilíndricos cresceu na última década, porém o seu uso vem diminuindo atualmente. Isto pode ser explicado pela grande variabilidade de resultados obtidos em estudos que avaliam a sua confiabilidade, causando incerteza quanto à validade dos ensaios realizados (MARIN, 2019, p.27).

Este tipo de capeamento faz o uso de almofadas nos topos dos corpos de prova com o objetivo de tornar a superfície o mais regular possível, fazendo com que a força seja distribuída uniformemente por toda a superfície. Esse método tem como norma a ASTM C 1231/C 1231M (ASTM, 2015).

De acordo com a ASTM (2015), Item 1.1, capas de neoprene não coladas de uma dureza definida podem ser usadas para ensaios para um número máximo especificado de reutilizações sem ensaios de qualificação até um determinado nível de resistência à compressão do concreto. Acima dessa força, as capas de Neoprene de nível exigirão ensaios de qualificação. O ensaio de qualificação é necessário para todos os materiais elastoméricos que não o Neoprene, independentemente da resistência do concreto.

Segundo a ASTM (2015), Item 1.2, as capas não coladas não devem ser usadas para ensaios de aceitação de concreto com resistência à compressão abaixo de 10 MPa (1.500 psi) ou acima de 80 MPa (12.000 psi).

Segundo a ASTM (2015) Item 1.3, os valores indicados em unidades SI ou em unidades polegadas-libras devem ser considerados separadamente como padrão. Os valores indicados em cada sistema podem não ser equivalentes exatos; portanto, cada sistema deve ser usado

independentemente do outro. A combinação de valores dos dois sistemas pode resultar em não conformidade com o padrão.

De acordo com o Item 1.4 da ASTM (2015), a norma não pretende abordar todas as preocupações de segurança, se houver, associadas ao seu uso. É responsabilidade do usuário desta norma estabelecer práticas adequadas de segurança e saúde e determinar a aplicabilidade das limitações regulatórias antes do uso.

Ruduit (2006) destaca que a utilização de Neoprene com reforço metálico nos ensaios de compressão axial apresenta resultados similares aos obtidos com capeamento de enxofre. Entretanto, aquele também afirma que esse tipo de capeamento nem sempre é utilizado, devido ao alto valor dos elastômeros e o cuidado que se deve ter para conservá-lo.

Lessard e Aitcin (1992) relatam que algumas experiências têm mostrado que a placa de Neoprene pode até funcionar, desde que não seja usada mais do que 5 ou 10 vezes para ensaiar concreto com alta resistência. Esta solução torna-se muito cara a longo prazo. Além disso, as duas extremidades metálicas usadas para confinar as placas de Neoprene, tornam-se pesadas e acabam dificultando o manuseio, com isso os problemas de excentricidade ficam mais difíceis de serem resolvidos.

O Neoprene pode ser usado tanto não confinado quanto confinado em anéis metálicos. Para Bezerra (2007), na forma não confinada os resultados em alguns estudos têm apresentado disparidade, devido ao fato de a almofada deformar-se radialmente mais, o que gera forças de tração na base dos mesmos.

Os discos de Neoprene deformam-se no carregamento inicial para conformarem-se às extremidades do corpo de prova e são contidos da propagação excessiva da lateral por placas e anéis de metal que garantem uma distribuição uniforme da carga aplicada pelo equipamento de ensaio (BEZERRA, 2007, p.48).

Segundo Bezerra (2007), deve-se tomar cuidado com os corpos-de-prova ensaiados com capeamentos elastoméricos, pois a ruptura é mais violenta comparada com os ensaiados com capeamentos colados e devem ser tomadas precauções para evitar ferimento ao pessoal do laboratório devido ao fato dos capeamentos elastoméricos absorverem mais energia de deformação.

Bezerra (2007) relata que na utilização do capeamento elastomérico não confinado que é dado pelo anel de retenção do capeador os corpos-de-prova dos seus traços pesquisados obtiveram resistência à compressão bem menor que com o Neoprene confinado. Ainda segundo

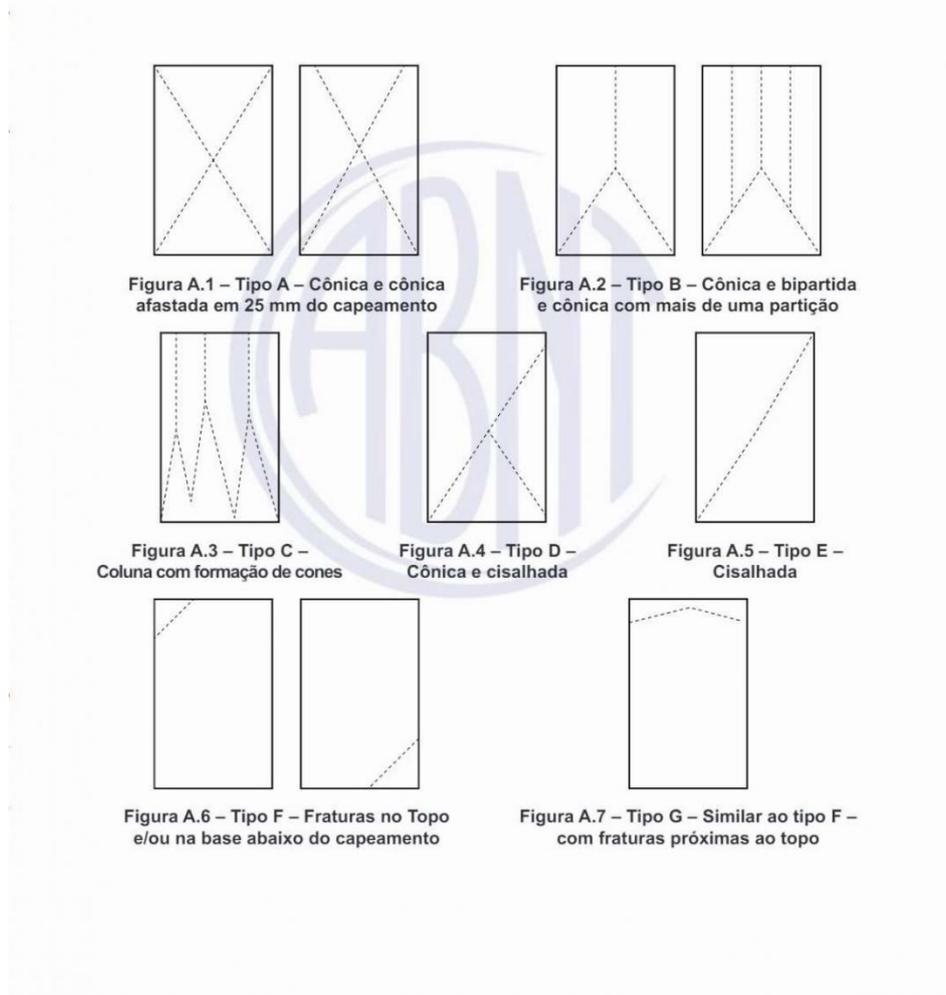
o autor os corpos-de-prova que utilizaram capeamento elastomérico apresentaram ruptura mais tardia devido à deformação do Neoprene. Em seus resultados, relata que, comparando o capeamento de enxofre com o elastomérico de Neoprene (68 Shore A – espessura de 10 mm) para um dos traços, pode-se verificar que o capeamento elastomérico alcançou maiores resistências.

segundo com os resultados obtidos no estudo de Bezerra (2007), na tentativa de verificar a influência da reutilização da almofada de Neoprene no ensaio de compressão de concretos de alta resistência em três corpos-de-prova de um dos traços. Os dados obtidos no ensaio de resistência à compressão com a almofada reutilizada não foram tão homogêneos como os encontrados com capeamento utilizando almofadas novas.

2.7 Tipos de ruptura

Mehta e Monteiro (2014) revelam que o ensaio à compressão é finalizado à medida que as fissuras internas do concreto tenham atingido tal estado que o corpo de prova tenha suportado sua carga máxima. Essas fissuras ou rupturas representam diferentes características de cada corpo de prova que podem ser analisadas a partir dos resultados do ensaio. A figura 1 mostra os possíveis tipos de ruptura:

Figura 1 - Tipo de ruptura de corpo de prova



Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018).

Resende (2016) define que a ruptura ideal é a de Tipo A, na qual a força é distribuída ao longo de toda a face do testemunho, causando uma ruptura em forma de ampulheta, o que indica quase que total aproveitamento do potencial do corpo de prova. São confiáveis ainda os ensaios onde o corpo de prova sofre uma fratura no plano diagonal, pois o cisalhamento sempre ocorre em planos inclinados em relação à força que está sendo aplicada. Por último, é destacado que rupturas no topo ou no pé, indicam que provavelmente o resultado deva ser descartado. Isto pode ocorrer devido à má preparação das faces do testemunho, bem como uma segregação ou exsudação em excesso.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será mostrado as etapas necessárias e executadas nos ensaios, além de alguns materiais presentes ao longo do trabalho.

3.1 Cimento Portland

O cimento Portland é bem comum na elaboração de ensaios em laboratório. O CP-II-Z-32 tem várias alternativas para a sua aplicabilidade e é considerado um dos cimentos mais usados no Brasil. Suas características são compatíveis com diversos tipos de concreto e outros traços, sendo eles concreto armado, concreto para pavimentos, argamassa para assentamento e revestimento. Suas propriedades são compostas de 6 a 14% de pozolana e aproximadamente 10% de material carbonático.

3.2 Agregados graúdo e miúdo

Todos os agregados foram obtidos na cidade de Delmiro Gouveia/AL. Os ensaios foram realizados no laboratório de materiais localizado na UFAL campus do sertão, sendo eles: a composição granulométrica dos agregados, as massas específicas de cada agregado e a sua absorção de água.

3.3 Confeção dos concretos

A produção do concreto foi realizada no laboratório, onde foi utilizada uma betoneira para a execução do procedimento. A figura 2 mostra betoneira com o concreto produzido.

Figura 2 – Betoneira e o concreto produzido



Fonte: Autor (2022).

3.4 Método de dosagem

O ensaio de resistência à compressão foi realizado com resistências de **18 MPa e 30 MPa** respectivamente. Essas resistências foram escolhidas com o objetivo de analisar os métodos em dois tipos de concreto, um com uma menor resistência e outro com uma maior. Os respectivos traços tiveram como base o método de dosagem ABCP/ACI (ABCP, 1998), onde foi possível calcular a proporção de cada componente do concreto. A tabela 4 mostra a proporção para cada resistência.

Tabela 4 - Proporção para cada traço de concreto

Traços de concreto								
	Traço unitário				Traço para 1 m ³ de concreto (kg)			
	Cimento	Área	Brita	Água	Cimento	Área	Brita	Água
18 MPa	1	2,372	3,291	0,62	323	766	1063	200
30 MPa	1	1,657	2,549	0,48	417	691	1063	200

Fonte: Autor (2022).

3.5 Abatimento do tronco de cone (*Slump test*)

Ao decorrer do ensaio, foi realizado o *slump test* para avaliar a trabalhabilidade e fluidez do concreto produzido, com isso foi alcançado um slump de 80 +/- 10mm, a figura 3 mostra esse procedimento.

Figura 3 - Slump test



Fonte: Autor (2022).

3.6 Adensamento dos corpos de prova

Para realizar o adensamento do concreto nos corpos de prova foi utilizado uma mesa vibratória. A figura 4 mostra os corpos de prova no processo de adensamento na mesa vibratória.

Figura 4 - Adensamento do concreto na mesa vibratória



Fonte: Autor (2022).

3.7 Confeção dos corpos de prova

Foi efetuado a confecção de 24 corpos de prova, sendo que 12 unidades com resistência de 18 MPa e 12 unidades com 30 MPa, ou seja, cada grupo de corpos de prova terá sua respectiva resistência, como é visto na figura 5.

Figura 5 - Grupos de corpos de prova para cada resistência



Fonte: Autor (2022).

3.8 Cura úmida dos corpos de prova

Em relação ao tempo de cura, foi estabelecido um período de 28 dias de cura úmida em um tanque com água e cal hidratada. A figura 6 mostra os corpos de prova no tanque durante a cura úmida.

Figura 6 - Cura úmida dos corpos de prova



Fonte: Autor (2022).

3.9 Preparação das bases

Foram executados dois diferentes tipos de preparação das bases, dos quais foram escolhidos aleatoriamente, sendo usado o Neoprene para a metade de cada grupo de corpos-de-prova, onde foi realizado o rompimento com Neoprene sem confinamento afim de observar o comportamento do Neoprene isolado, em seguida usando a retificação do topo para a outra metade. A figura 7 mostra os discos de Neoprene utilizados como uma das preparações das bases.

Figura 7 - Discos de Neoprene



Fonte: Autor (2022).

A figura 8 mostra o equipamento (retífica) para preparação das bases.

Figura 8 - Retífica



Fonte: Autor (2022).

3.10 Rompimento dos corpos de prova

Após o tempo de cura estabelecido, foi realizado o rompimento dos corpos de prova utilizando a prensa hidráulica, onde foram obtidos os dados que serão empregados nos resultados do presente estudo. A figura 9 mostra a prensa hidráulica iniciando o processo de rompimento.

Figura 9 - Prensa hidráulica



Fonte: Autor (2022).

A figura 10 mostra o corpo de prova logo após o rompimento.

Figura 10 - Corpo de prova logo após o rompimento



Fonte: Autor (2022).

3.11 Força de ruptura

Cada corpo de prova apresenta uma força de ruptura; essa força é fornecida na prensa assim que ocorre o rompimento do corpo de prova. A mesma é expressa em tonelada-força. Consequentemente são transformadas em dados para a elaboração dos resultados.

3.12 Tipo de ruptura

Após cada rompimento, o corpo de prova apresenta um tipo de ruptura, esse tipo pode representar alguma das características do mesmo. A figura 11 apresenta um corpo de prova com fraturas no topo após o rompimento, caracterizando um tipo de ruptura “F”.

Figura 11 - Tipo de ruptura F no corpo de prova



Fonte: Autor (2022).

3.13 Análise

Logo após a realização de todos os procedimentos necessários no estudo, foi feita uma análise de forma geral e, em seguida foram elaborados os cálculos das médias e desvios, a fim de comparar, de forma minuciosa, cada método que foi utilizado, gerando assim os resultados finais do estudo.

4 RESULTADOS

4.1 Cimento

Todas as informações em relação às propriedades e características do cimento utilizado nos ensaios, foram retiradas dos dados fornecidos pelo próprio fabricante.

4.2 Agregado graúdo

A tabela 5 mostra a composição granulométrica dos agregados graúdos.

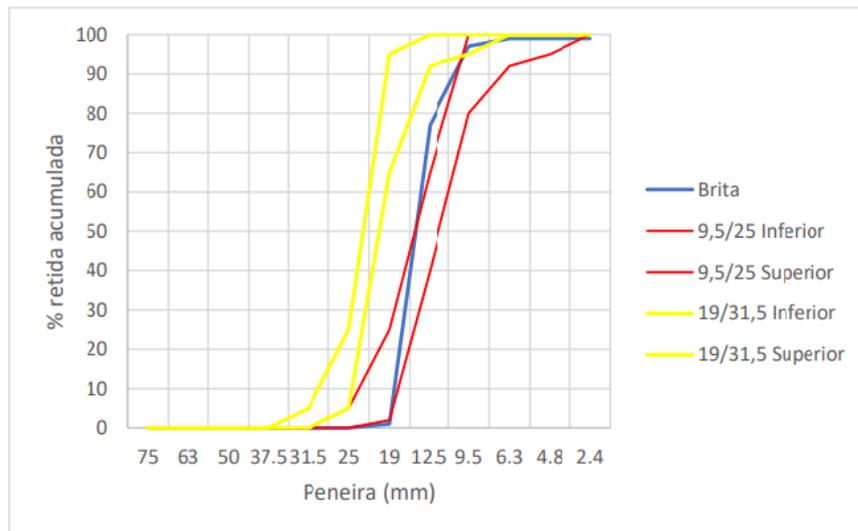
Tabela 5 - Composição granulométrica para agregado graúdo

Abertura das peneiras	% Retido
25,0 mm	0
19,0 mm	1
12,5 mm	76
9,5 mm	20
6,3 mm	2
4,8 mm	0
Fundo	1
Dimensão máxima característica	19,0 mm
Módulo de Finura	6,92
Classificação granulométrica	Intermediário entre 19/31,5 e 9,5/25

Fonte: Autor (2022).

O gráfico 1 apresenta a distribuição granulométrica para o agregado graúdo.

Gráfico 1 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Autor (2022).

A seguir a tabela 6 fornece a razão entre a massa específica e a absorção para o agregado graúdo.

Tabela 6 - Massas específicas/absorção para agregado graúdo

Agregado seco	2.700 Kg/m³
Agregado saturado superfície seca	2.710 Kg/m³
Absorção de água	0,43 %
Massa unitária em estado compactado	1.540 Kg/m³

Fonte: Autor (2022).

4.3 Agregado miúdo

A tabela 7 mostra a composição granulométrica dos agregados miúdos.

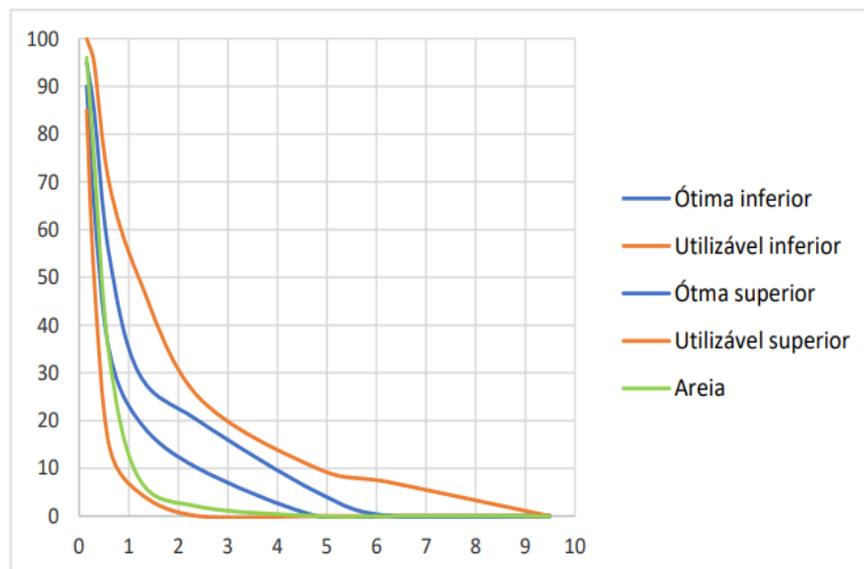
Tabela 7- Composição granulométrica para agregado miúdo

Abertura das peneiras	% Retido
6,3 mm	0
4,8 mm	1
2,4 mm	7
1,2 mm	16
600 μm	27
300 μm	28
150 μm	16
Fundo	1
Dimensão máxima característica	4,8 mm
Módulo de Finura	2,58
Classificação granulométrica	Utilizável para concreto

Fonte: Autor (2022).

O gráfico 2 apresenta a distribuição granulométrica para o agregado miúdo.

Gráfico 2 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autor (2022).

A tabela 8 fornece a razão entre a massa específica e a absorção para o agregado graúdo.

Tabela 8 - Massas específicas/absorção para agregado miúdo

Agregado seco	2.500 Kg/m³
Agregado saturado superfície seca	2.510 Kg/m³
Absorção de água	0,96 %
Massa unitária em estado solto	1.480 Kg/m³

Fonte: Autor (2022).

A tabela 9 apresenta os dados de resistência média (f_{cm}) e desvio padrão ($S. d.$), para cada grupo de concreto e seus respectivos métodos de preparação das bases que foram utilizados.

Tabela 9 - Dados dos grupos de concreto

Método de Preparação das bases	18 Mpa		30 MPa	
	Resistência média (f_{cm})	Desvio padrão ($S. d.$)	Resistência média (f_{cm})	Desvio padrão ($S. d.$)
Neoprene	8,11	2,33	9,27	1,54
Retífica	10,73	1,70	15,60	1,40

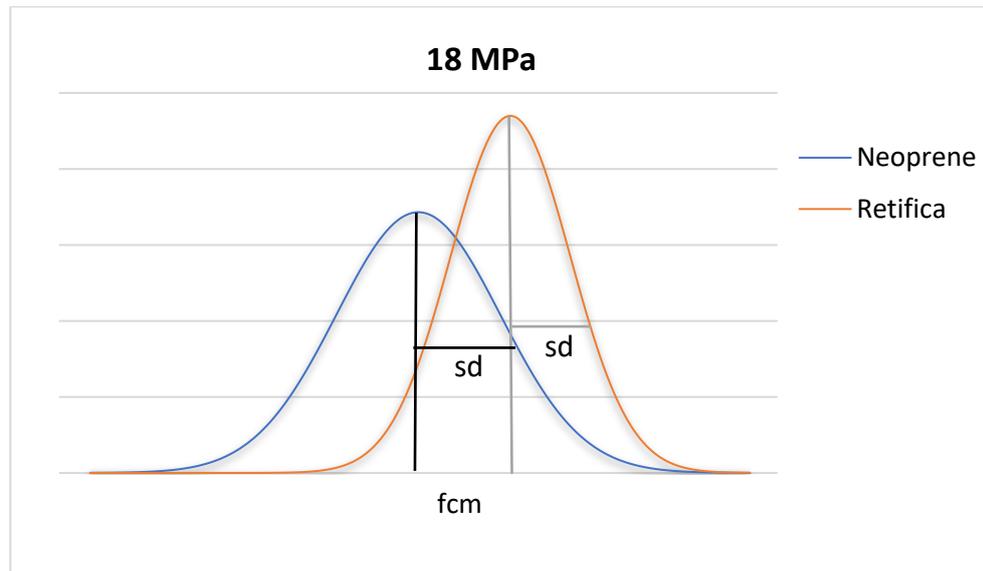
Fonte: Autor (2022).

4.4 Concreto de 18 MPa

Conforme os valores mostrados na tabela 9, para o grupo de 18 MPa apresenta uma resistência média abaixo do esperado, porém pode ser observado que o grupo mantém um desvio padrão relativamente baixo, que pode ser considerado um fator positivo na análise em relação ao resultado geral do ensaio.

O gráfico 3 apresenta a curva normal do concreto de 18 MPa.

Gráfico 3 - Curva normal do concreto de 18 MPa



Fonte: Autor (2022).

Com base no gráfico 3, pode ser observado que para o grupo de 18 MPa, utilizando a retífica como técnica para preparação das bases, obteve-se uma variação menor quando comparado com a utilização do Neoprene.

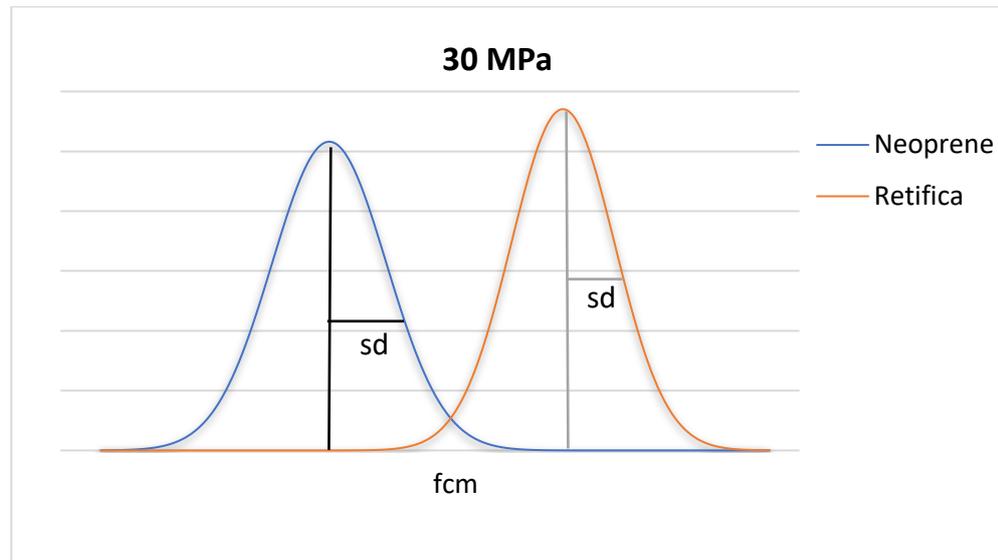
Com relação ao desempenho de cada tipo de preparação das bases para o ensaio de compressão, a preparação utilizando a retificação das bases apresentou uma maior eficiência, já que possui uma maior resistência média e uma menor variação dos seus resultados quando comparado com o uso do Neoprene.

4.5 Concreto de 30 MPa

De acordo com a tabela 9, no grupo do concreto de 30 MPa, pode-se concluir que, utilizado tanto o Neoprene quanto a retífica como preparação das bases, os resultados obtidos ficaram abaixo do previsto. No entanto os dois métodos demonstraram um desvio padrão baixo, como foi dito anteriormente no grupo de 18 MPa, esse valor baixo para os desvios pode ser considerado um ponto positivo para o ensaio.

O gráfico 4 apresenta a curva normal do concreto de 30 MPa.

Gráfico 4 - Curva normal do concreto de 30 MPa



Fonte: Autor (2022).

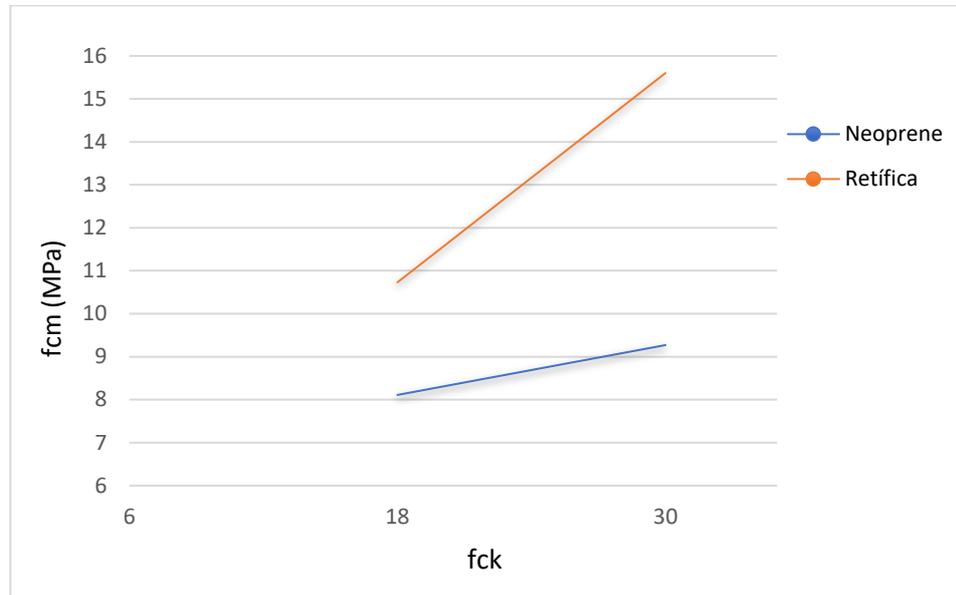
Segundo o gráfico 4 conclui-se que para o grupo de 30 MPa a amostra onde foi utilizado a retificação como preparação das bases, obteve uma menor variação nos resultados comparado com a amostra utilizando Neoprene.

Já em relação ao desempenho de cada amostra e seus respectivos métodos de preparação das bases, mais uma vez ficou evidente que as amostras utilizando a retificação, apresentou uma maior eficiência em comparação com o uso do Neoprene, visto que continuou com uma resistência média além de uma menor dispersão nos resultados.

4.6 Resultados gerais

O gráfico 5 mostra as resistências médias para cada grupo de concreto.

Gráfico 5 - Resistências médias para cada grupo de concreto



Fonte: Autor (2022).

De acordo com o gráfico 5 observa-se, de forma geral, o desempenho em relação a resistência média de cada grupo de concreto, de acordo com o método de preparação das bases que foi utilizado.

Como pode ser visto, o desempenho apresentado pelo método de preparação das bases utilizando a retífica é superior em relação ao uso do Neoprene, essa disparidade fica evidente na diferença entre as resistências médias obtidas em cada um dos métodos.

A tabela encontrada no Apêndice A fornece, além dos dados das amostras, o tipo de ruptura para cada corpo de prova e método, sendo que para as amostras que fizeram o uso de Neoprene como preparação, apresentou o tipo de ruptura F na maioria das amostras, já nas amostras utilizando a retificação apresentaram o tipo de ruptura B na maioria das amostras.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados considerados ao longo do presente estudo, é possível afirmar que as amostras tanto para o grupo de 18 MPa quanto para o de 30 MPa, que utilizaram Neoprene como método de preparação, apresentaram resistências mais baixas comparando com as preparações a partir da retificação e assim consideramos que o uso de Neoprene na preparação das bases pode influenciar negativamente os resultados do ensaio de compressão.

A deformação que os discos de Neoprene apresentam conforme o processo de rompimento vai sendo exercido sobre ele unido ao corpo de prova, pode ser considerado um dos principais fatores para o desempenho negativo em seus resultados. Além de negativos, esses resultados podem não ser considerados confiáveis, já que há uma maior variação nos resultados finais.

Uma sugestão de futuros trabalhos relacionados ao tema, pode ser realizado um estudo específico sobre as propriedades físicas do Neoprene e até mesmo a sua própria resistência à compressão, além da sua influência, tanto positiva quanto negativa, na utilização do mesmo nos ensaios de resistência à compressão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7680-1**: Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 16915**: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 16973**: Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 17054**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NM 77**: Concreto - Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão. Rio de Janeiro, 1996.

AGUIAR, R. G. O.; ARAÚJO, J. e GEYER, A. **Agressão aos Trabalhadores e ao Meio Ambiente de Trabalho na Utilização do Enxofre no Capeamento de Corpos de Prova**. 51º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON, Curitiba, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 1231/C 1231M - Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Cylindrical Concrete Specimens**. ASTM Committee C09 on Concrete and concrete Aggregates, 2015.

BEZERRA, A. C. S. **Influência das Variáveis de Ensaio nos Resultados de Resistência à Compressão de Concretos: uma análise experimental e computacional**. Dissertação – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BOESING R.; PHILIPPSSEN R. A.; LUZ C. A. **Influência do material de capeamento na resistência à compressão dos corpos de prova de concreto e argamassas: comparação entre enxofre, pasta de cimento e pasta de gesso**. In: 5º ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Canela- RS, 2010. Anais. Canela- RS: ANTAC, 2010.

BUCHER, H. R. E.; RODRIGUES FILHO, H. C. **Argamassas de enxofre para capeamento de corpos de prova**. Seminário sobre Controle de Resistência do Concreto. São Paulo: IBRACON, 1983.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2021.

CHIES, J. A. **Corpos de prova submetidos à compressão: influência do tipo de preparação das faces para diferentes níveis de resistência do concreto**. 2011. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COMITÊ MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 77: Concreto - Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão**. 1996.

JERÔNIMO V. L. et al. **Análise da influência da regularização dos topos de corpos de prova cilíndricos sobre a resistência à compressão do concreto**. Florianópolis- SC: IBRACON, 2011.

LESSARD, M. e AÍTICIN, P.C. **Testing high-performance concrete**. Material to Structure, London, 1992, ISBN 0419176004.

MARIN, G. T. **Estudo Comparativo entre Processos de Preparação de Topos de Corpos-de-Prova Cilíndricos para Ensaio de Resistência à Compressão Axial**. Universidade do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Lajeado, P. 27, 2019.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedade e Materiais**. Ed. PINI Ltda, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. **Concreto microestrutura, propriedades e materiais**. 2ºed. São Paulo: Ibracon, 2014.

MENEZES, A. J. R. **Estudo Comparativo entre Capeamento de Corpo-de-Prova de Concreto com Enxofre, uso de Neoprene e Retificação de Topo para Ensaio de Resistência à Compressão Axial**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. Ed. PINI Ltda, 1997.

PEDROZO, P. M, SILVEIRA, J. L. e MARSZALECK, C. **Estudo Comparativo de Diferentes Métodos de Preparação de Topo de Corpo-de-Prova de Concreto de Alta Resistência para Ensaio à Compressão Axial**. Da Vinci, Curitiba, v. 1, n. 1, 2004.

RESENDE, C. A forma de rompimento do CP é importante? **Concreto: Propriedades, descobertas e casos interessantes**. 2016. Disponível em: <http://propriedadesdoconcreto.blogspot.com/2016/12/a-forma-de-rompimento-do-cp-e-importante.html>. Acesso em: 12 set. 2022.

RODRIGUES, P. **Parâmetros de dosagem do concreto**. 3.e.d. São Paulo. Associação brasileira de Cimento Portland, 1998.

RUDUIT, F. R. **Resistência à compressão de amostras de concreto: comparação dos resultados entre a preparação de topos com capeamento de enxofre derretido e**

retificação. 2006. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

APÊNDICE A – DADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO

Neoprene 18 MPa	Resultado da Prensa (tf)	Variação	Desconto da variação (tf)	Mpa	Tipo de ruptura
CP 01	6,25	0,55	5,70	7,12	F
CP 02	9,97	0,4	9,57	11,95	F
CP 03	8,88	0,41	8,47	10,58	F
CP 04	5,31	0,45	4,86	6,07	F
CP 05	6,21	0,41	5,80	7,24	F
CP 06	4,99	0,41	4,58	5,72	F
Neoprene 30 MPa	Resultado da Prensa (tf)	Variação	Desconto da variação (tf)	Mpa	Tipo de ruptura
CP 07	6,12	0,53	5,59	6,98	F
CP 08	7,8	0,41	7,39	9,23	F
CP 09	6,71	0,42	6,29	7,85	F
CP 10	8,15	0,41	7,74	9,66	B
CP 11	9,94	0,54	9,40	11,74	F
CP 12	8,61	0,46	8,15	10,18	F
Retífica 18 MPa	Resultado da Prensa (tf)	Variação	Desconto da variação (tf)	Mpa	Tipo de ruptura
CP 13	11,29	0,49	10,80	13,49	E
CP 14	6,81	0,45	6,36	7,94	C
CP 15	8,33	0,43	7,90	9,86	B
CP 16	8,69	0,44	8,25	10,30	B
CP 17	9,39	0,45	8,94	11,16	B
CP 18	9,74	0,44	9,30	11,61	B
Retífica 30 MPa	Resultado da Prensa (tf)	Variação	Desconto da variação (tf)	Mpa	Tipo de ruptura
CP 19	11,44	0,43	11,01	13,75	B
CP 20	12,84	0,43	12,41	15,50	B
CP 21	14,53	0,44	14,09	17,59	B
CP 22	13,95	0,43	13,52	16,88	B
CP 23	13,15	0,42	12,73	15,89	B
CP 24	11,64	0,44	11,20	13,98	B