CENTRO UNIVERSITÁRIO ALVES FARIA (UNIALFA)
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS ANTÔNIO DOS PASSOS BERNARDES

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO, COM A INCLUSÃO DE ADITIVO POLIFUNCIONAL PARA EXECUÇÃO DE PISOS POLIDOS EM CONCRETO

GOIÂNIA
DEZEMBRO/2022

CENTRO UNIVERSITÁRIO ALVES FARIA (UNIALFA)
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS ANTÔNIO DOS PASSOS BERNARDES

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO, COM A INCLUSÃO DE ADITIVO POLIFUNCIONAL PARA EXECUÇÃO DE PISOS POLIDOS EM CONCRETO

Projeto de pesquisa apresentado como parte da avaliação da aprendizagem, na disciplina *TCC II,* 10º. Período, curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Alves Faria, ministrada pela Profª Lorena Camargo Carneiro.

Orientador(a):

Prof.ª Ms. Fernanda Ferreira Morais de Rezende

GOIÂNIA

DEZEMBRO/2022

BERNARDES, Matheus Antônio dos Passos. Análise da resistência do concreto, com a inclusão de aditivo polifuncional para execução de pisos polidos em concreto. 2022. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Centro Universitário Alves Faria, Goiânia, 2020.

Aprovado em: 09/12/2022

Banca Examinadora

Prof. Ms. Fernanda Ferreira Morais de Rezende Centro Universitário Alves Faria.
Julgamento_____Assinatura_____

Prof. Ms. Bruno Rocha Cardoso Centro Universitário Alves Faria.
Julgamento_____Assinatura_____

Dedico este trabalho aos meus pais e minha namorada, com amor e admiração por seu apoio, cuidado e carinho ao longo do período da graduação e realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Esp. Bruno Rocha Cardoso, que nos anos de convivência, muito me ensinou, e contribui para meu crescimento profissional, refletindo no futuro engenheiro que serei.

A Profª. Ma. Fernanda Ferreira Morais de Rezende, pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação e a Profª. Ma. Raquel Hellu Macedo, pelo apoio na construção e correções da pesquisa em questão.

Ao Centro Universitário Alves Faria, pela estrutura fornecida para a realização do curso de Engenharia Civil.

RESUMO

BERNARDES, Matheus Antônio dos Passos. **Análise da resistência do concreto, com a inclusão de aditivo polifuncional para execução de pisos polidos em concreto.** 2022. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Centro Universitário Alves Faria, Goiânia, 2022.

Os pisos em concreto polido, exigem conhecimento e domínio técnico dos responsáveis pelo projeto e execução deste elemento da engenharia moderna, responsáveis por suportar grandes cargas, devem ser aplicadas as melhores técnicas e materiais a execução dos mesmos. Portanto, por meio deste trabalho realizaremos uma análise comparativa, de resistência por meio do rompimento de corpos de concreto cilíndrico, por compressão e verificação tátil-visual para pisos por meio da moldagem de placas de dimensão 50 Centímetros por 50 Centímetros, com a aplicação de diferentes concretos, produzidos com combinações de tipos de cimento diferentes, com a junção a cada um destes conjuntos, do aditivo polifuncional SIKA®

CONCRETO FORTE. Após os rompimentos de cada combinação, será gerado um gráfico com ranqueamento de melhores resultados, juntamente a um gráfico de análise tátil-visual, após este processo, será apresentada a melhor combinação possível para aplicação em pisos de concreto, com maior resistência e menores fissurações por calor de hidratação.

Palavras-chave: Concreto, aditivo, piso, cimento, polifuncional

ABSTRACT

BERNARDES, Matheus Antônio dos Passos. **Análise da resistência do concreto, com a inclusão de aditivo polifuncional para execução de pisos polidos em concreto.** 2022. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Centro Universitário Alves Faria, Goiânia, 2020.

Polished concrete floors require knowledge and technical mastery of those responsible for the project and execution of this elements of modern engineering, responsible for supporting large loads, the best techniques and materials must be applied to their execution. Therefore, through this work we will carry out a comparative analysis, of resistance through the rupture of cylindrical concrete bodies, by compression and tactile-visual verification for floors through the molding of plates measuring 50 centimeters by 50 centimeters, with the application of different concretes, produced with combinations of different types of cement, with the addition

of the polyfunctional additive SIKA® CONCRETO FORTE to each of these sets. tactile-visual analysis, after this process, the best possible combination will be presented for application in concrete floors, with greater resistance and less cracking by heat of hydration.

Keywords: Concrete, aditive, floor, cement, polyfunctional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição dos cimentos CP I e CP I - S 25
Figura 2 – Composição dos cimentos do tipo CP II – Z, CP II – E e CP II - F 26
Figura 3 – Composição dos cimentos do tipo CP III 28
Figura 4 – Composição dos cimentos do tipo CP IV 29
Figura 5– Composição dos cimentos do tipo CP V - ARI 30
Figura 6 – Composição dos cimentos tipo CP – B (cimento branco) 30
Figura 7 - Aditivo polifuncional Sika® Concreto Forte 34
Figura 8 – Processo de polimento de piso em concreto 35

Figura 9 - Cimento CP II – Z 32 43
Figura 10 – Cimento CP II – E 32 RS 44
Figura 11 – Cimento CP IV 40 RS 44
Figura 12 - Cimento CP V - ARI 45
Figura 13 – Cimento CP – B 45
Figura 14 – Cimento CP II – F 32 46
Figura 15 – Pá de amostragem 47
Figura 16 – Bandeja plástica para pesagem dos materiais 48
Figura 17 – Balde para pesagem de água 48
Figura 18 – Balança digital para pesagem dos materiais 49
Figura 19 – Betoneira para mistura dos materiais 49
Figura 20 – Kit slump 50
Figura 21 – Forma para corpo cilíndrico de concreto 50
Figura 22 – Forma de madeira para placa de piso 51
Figura 23 – Pesagem do cimento 52
Figura 24 – Pesagem de areia 52
Figura 25 – Pesagem de brita 53
Figura 26 – Pesagem da água 53
Figura 27 – Mistura de aditivo a água 55
Figura 28 – Inserção dos componentes a betoneira 55
Figura 29 – Colocação de concreto no tronco de cone 58
Figura 30 – Golpes com haste 59
Figura 31 – Finalização da última camada 59
Figura 32 – Desforma do tronco de cone 60
Figura 33 – Aferição dos resultados 60
Figura 34 – Classes de abatimento e método de adensamento 63
Figura 35 – Dimensão básica de corpo cilíndrico e número de golpes 63
Figura 36 – Moldagem de corpo de prova 64
Figura 37 – Cura dos corpos de prova 65
Figura 38 – Processo de retificação do corpo de prova 67
Figura 39 – Corpo de prova natural x corpo de prova retificado 67
Figura 40 – Máquina para rompimento de corpo de prova 68
Figura 41 – Corpos de prova serem rompidos 69
Figura 42 – Moldagem de placa teste 70

Figura 43 – Placas em processo de cura.....71
Figura 44 - Resultados de slumps atingidos 71
Figura 45 - Comparativo gráfico abatimento por amostra.....72
Figura 46 - Cronograma de rompimentos.....73
Figura 47 - Resultados de rompimento por idade.....73
Figura 48 - Resistências das amostras por idade.....74
Figura 49 – Placas de concreto com 7 dias de concretagem.....76
Figura 50 - Expressão resultado tátil visual 07 dias.....76
Figura 51 - Expressão resultado tátil visual 21 dias.....77
Figura 52 - Expressão resultado tátil visual 21 dias.....78
Figura 53 - Quantificação de resultados táteis visuais 80
Figura 54 - Análise comparativa de arranjos.....81

SUMÁRIO

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 22

1.1 O CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 22

1.2 CIMENTO PORTLAND 23

1.2.1 Cimento Portland Comum (CP I) 24

1.2.2 Cimento Portland Comum com adição (CP I – S) 25

1.2.3 Cimento Portland Composto com escória granulada de alto forno (CP II – E) 25

1.2.4 Cimento Portland Composto com material pozolânico (CP II – Z) 26

1.2.5 Cimento Portland Composto com Filler (CP II – F) 27

1.2.6 Cimento Portland de alto forno (CP III) 27

1.2.7 Cimento Portland Pozolânico (CP IV) 28

1.2.8 Cimento Portland de alta resistência inicial (CP – V ARI) 29

1.2.9 Cimento Portland Branco (CP – B) 30

1.2.10 Cimento Portland Resistente a Sulfato (CP - RS) 31

1.2.11 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (CP - BC) 31

1.3 ADITIVOS PARA CONCRETO 33

1.3.1 O uso do aditivo poli funcional 34

1.4 PISOS DE CONCRETO POLIDO 34

2 METODOLOGIA DE PESQUISA 35

2.1 CARACTERIZAÇÃO DE PESQUISA 35

2.2 FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES A SEREM EXECUTADAS 36

2.1.1 Obtenção dos materiais a serem utilizados 37

2.1.2 Obtenção do traço a ser seguido 37

2.1.3 Fabricação do concreto a ser utilizado 38

2.1.4 Moldagem dos corpos de prova e placa teste 38

2.1.5 Processo de cura dos corpos de prova e placas teste 38

2.1.6 Rompimento dos corpos de prova com as idades de 7, 21 e 28 dias 38

2.1.7 Avaliação tátil-visual das placas teste de concreto moldadas 39

2.1.8 Constatação dos resultados e montagem de gráfico comparativo 39

4 EXPERIMENTAÇÃO PRÁTICA E PROCESSO 39

4.1 DEFINIÇÕES DE VOLUME 41

4.2 DEFINIÇÕES DE AMOSTRAS A SEREM UTILIZADAS 42
4.3 MATERIAIS PARA FABRICAÇÃO DO CONCRETO E EXECUÇÃO DOS TESTES..... 47
4.4 MÉTODOS PARA FABRICAÇÃO DE CONCRETO E EXECUÇÃO DOS TESTES 51
4.4.1 Pesagem de materiais.....51
4.4.2 Mistura dos materiais.....54
4.5 EXPERIMENTOS UTILIZADOS 56
4.5.1 Slump Test 56
4.5.1.1 Materiais 56
4.5.1.2 Métodos 57
4.5.2 Definição de resistência de corpos de prova cilíndricos por ensaio de compressão axial 61
4.5.2.1 Materiais 61
4.5.2.2 Métodos 62
4.5.2.2.1 Moldagem.....62
4.5.2.2.2 Cura.....64
4.5.2.2.3 Preparação dos corpos de prova para ensaio de rompimento por compressão 66
4.5.2.2.4 Rompimento do corpo de prova 68
68
4.6.2 Moldagem de placa teste 50 x 50cm 69
4.6.2.1 Moldagem.....69
4.6.2.2 Cura.....70
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 72
5.1 *SLUMPS* ATINGIDOS 72
5.1.2 Apresentação dos resultados.....72
5.1.3 Demonstração gráfica.....72
5.1.4 Conclusão dos resultados 73
5.2 RESISTÊNCIAS DOS CORPOS CILÍNDRICOS A COMPRESSÃO..... 73
5.2.1 Apresentação dos resultados.....74
5.2.2 Demonstração gráfica.....74
5.3 AVALIAÇÕES TÁTEIS-VISUAIS DAS PLACAS TESTE 75
5.3.1 Apresentação dos resultados.....76

5.3.2 Conclusão dos resultados 78

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS DAS AMOSTRAS 80

6.1 Apresentação comparativa..... 80

6.2 Definição de melhor arranjo..... 81

CONCLUSÃO..... 83

REFERÊNCIAS 84

APÊNDICE A - Resultados de rompimento a compressão..... 86

INTRODUÇÃO

Os pisos de concreto armado polidos, são cada vez mais utilizados em grandes construções industriais e que demandam alta capacidade de carga. O concreto utilizado na execução deste tipo de estrutura se torna um entrave em determinadas situações. Pois segundo Helene e Andrade. (2007), é necessário conhecimento técnico do profissional da construção civil, para que haja intervenção no processo de fabricação de concreto. Sendo assim, entende-se que o conhecimento do concreto contribuirá para a correta escolha do tipo mais conveniente de cimento para utilização no nos pisos de concreto polidos.

Entretanto, em algumas situações apenas a escolha consciente do tipo de cimento não garante a resistência necessária. Durante a execução de pisos de concreto sobretudo com acabamento do tipo polido, são necessárias algumas características como elevada trabalhabilidade e tempo de pega uniforme, para garantir estes padrões são utilizados na construção civil os aditivos de concreto.

Segundo Corrêa (2010), os Aditivos são produtos utilizados para a modificação de características nos concretos e argamassas, que reagem com o cimento, a água e componentes adicionais e entregam características únicas ao concreto como as já citadas aumento na trabalhabilidade, aceleração ou postergação no tempo de pega, além de outras como, elevação da resistência superficial, diminuição da necessidade de inclusão de água, entre outros.

No mercado podemos encontrar dezenas de tipos de aditivos, que por si só incorporam ao concreto as características mencionadas. Entretanto, em um traço de concreto é possível que a mistura de diversos aditivos, potencialize ou retarde a ação de alguns dos mesmos, fazendo com que ocorram processos indesejáveis no concreto produzido, pensando nisso foram criados os aditivos poli funcionais.

Os aditivos poli funcionais, são assim como os demais aditivos materiais químicos, reativos a algumas das cadeias do cimento, que atribuem determinadas características ao concreto. Entretanto, estes componentes podem atribuir de maneira organizada e controlada mais que uma função ao concreto, sendo assim denominados poli funcionais.

Ainda segundo Corrêa (2010), os aditivos em questão, são amplamente adotados na construção civil, entretanto concentrados entre os produtores de concreto (concreteira), porém pouco utilizados pelos pequenos e médios construtores. São estes aditivos usados principalmente quando se deseja atingir um nível de plasticidade e resistência elevados,

aliado a um prolongamento na perda de trabalhabilidade do concreto, características necessárias nos concretos utilizados para execução de pisos polidos.

Entretanto, é necessário avaliar a resistência dos diversos tipos de cimento Portland na mistura com este aditivo, haverá mudanças consideráveis em relação as resistências dos concretos executados com diferentes tipos de cimento nas primeiras idades e nas idades finais destes concretos?

Desse modo, tem-se como objetivos da pesquisa:

Geral

Identificar as relações entre os diversos tipos de cimento existentes no mercado, com a inserção do aditivo poli funcional SIKA® CONCRETO FORTE na execução de pisos de concreto polido.

Específicos

- Verificar a influência da inclusão do aditivo poli funcional em questão, no que diz respeito a resistência;
- Verificar o aspecto visual do concreto das placas testes oriundos dos diferentes tipos de cimento;
- Classificar e comparar as resistências atingidas por meio de ensaio de resistência a compressão;
- Tomar conhecimento da melhor combinação para execução dos pisos de concreto polido;

Justificativa

Esta pesquisa se justifica pois, no a dia das obras, é comum que ocorram equívocos ou negligências por parte dos profissionais da área, no que diz respeito ao uso correto dos diversos tipos de cimento Portland para o objetivo específico a que se quer atingir, gerando dessa forma desperdício de material e consequentemente um valor final de obra onerado, o que faz com que as obras terminem em prejuízo aos seus executores, gerando portanto, um impeditivo financeiro.

Outro ponto a ser levado em conte é a vida útil dos pisos de concreto polido. Uma vez que, ao ser executado com o tipo incorreto de combinação, pode levar a fissuração dos pisos, ou a inviabilidade no polimento das placas por falta de plasticidade na mistura cimentícia ou pega acelerada, o que faz com que ocorra potencialização do risco de má execução e de problemas futuros na estrutura.

Diminuição das resistências das estruturas consideradas em projeto. Pois, o uso de concretos inadequados pode apesar da correta execução do projeto, gerar percas nas resistências, o que faz com que este piso não venha a suportar a carga estipulada durante a etapa de concepção estrutural.

Metodologia

A metodologia para tal experimento foi de moldagem de corpos de prova para rompimento por meio de ensaio de compressão. Adotando os tipos disponíveis no mercado goiano de cimento com resistência mecânica 32MPa E 40MPa, conforme disponibilidade, foram realizadas combinações entre os tipos de cimento encontrados no mercado goiano e o aditivo polifuncional SIKA® CONCRETO FORTE

Além disso, ocorreram moldagens de placas testes para verificação visual das mesmas. A fim de verificar os estados de possíveis fissurações nestas placas testes a medida que os diversos tipos de cimento disponíveis são combinados com o aditivo poli funcional SIKA® CONCRETO FORTE.

Por fim, foram gerados gráficos e tabelas comparativas entre as combinações supracitadas, a fim de gerar uma classificação dos melhores cimentos para a utilização em pisos de concreto armado.

4.2 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 O concreto na construção civil

Segundo Couto *et al*. (2013), o concreto é uma das peças fundamentais na construção civil. Naturalmente, o concreto é a matéria-prima para inúmeros empreendimentos executados com os mais variados métodos construtivos, até mesmo as estruturas metálicas, dependem das fundações executadas com este material. Sendo assim, o cuidado com o desenvolvimento deste material deve ser total.

A execução deste composto deve ser feita com atenção. Segundo Helene e Andrade (2007), o concreto é uma mistura composta por água, agregados e cimento Portland, entretanto há a possibilidade da inserção de aditivos que conferem mudanças nas cadeias químicas e reagem junto ao cimento, com a água apresentando possibilidades distintas das convencionais.

Entretanto, a negligência na fabricação desse material pode gerar consequências catastróficas. Segundo Couto *et al*. (2013), o concreto pode ser classificado de acordo com a forma em que é produzido, sendo: *In loco* quando o mesmo é produzido no local de consumo (obra), ou usinado, quando o mesmo é produzido em usinas de concreto e trazido por caminhões betoneiras até o local de aplicação.

Em via de regra, os concretos do tipo usinado tendem a apresentar melhores resultados em detrimento aos concretos produzidos em obra. Segundo Moreira (2016), o controle tecnológico do concreto tem sido deixado de lado pelas construtoras, em detrimento ao controle dos demais aspectos dos dias de concretagem, tais como: escoramento, montagem de forma, entre outros. De fato, é notável em alguns locais o pouco zelo para a produção de concreto, ocorrendo exposição dos agregados a uma possível contaminação com agentes como a terra, areia, entre outros.

Além disso, o pouco conhecimento técnico e expertise de alguns profissionais. Segundo Helene e Andrade (2007), o concreto é um dos últimos itens expostos ao conhecimento técnico do engenheiro, arquiteto ou profissional da construção civil. Sendo assim, é um dos materiais que pode sofrer com a falta de conhecimento destes profissionais, até mesmo na escolha do tipo de cimento Portland correto a se utilizar.

1.2 Cimento Portland

O cimento Portland é a matéria-prima na fabricação de concreto em todo mundo. Segundo Varela e Vieira (2005), o cimento é uma matéria-prima ligante com propriedades hidráulicas. Este material por sua vez, se caracteriza por um pó fino que ao ser misturado com a água, desencadeia um processo químico que dependendo da inserção ou não de um agregado graúdo forma concreto ou argamassas.

Segundo Battagin (2003) o pioneirismo do que viria a se tornar nosso famoso cimento Portland, veio através do inglês John Smeaton, que conseguiu desenvolver um produto com resistência pela calcinação de argilas e calcários moles.

De acordo com Medeiros e Torres (2019), o pioneirismo no Brasil se deu por parte do engenheiro renomado do Brasil império André Rebouças e mais tarde pela fábrica de cimento Portland da ilha de Tiriri, chamada de Companhia de cimento Brazileiro no ano de 1888.

Na atualidade, no Brasil o cimento é a matéria-prima na construção civil, apesar de novos métodos construtivos, que se demonstram inovadores e produtivos, o concreto armado se mantém como o mais utilizado, por sua consolidação e confiança. Uma vez que, por se tratar de um mercado bastante tradicional o da construção civil, novas técnicas que propõem a substituição de métodos confiáveis, são encaradas com maus olhos e desconfiança, muitas vezes não havendo se quer normatizações para a execução desses novos métodos e fortalecendo ainda mais a indústria brasileira de cimento.

De acordo com Lima (2011), durante a produção do cimento, o mesmo passa por diversas fases, para garantir a segurança e confiança no produto a ser desenvolvido no processo. Sendo elas, a extração de calcário e gesso da natureza, através das jazidas desses materiais, que são extraídas e trazidas as fábricas. A partir desse momento é realizado a estocagem em pilhas, deste material britado.

O primeiro passo após a extração das matérias-primas e empilhamento das mesmas é a moagem desses materiais, deixando a granulometria dos componentes da mistura por volta de 50 micrômetros. Após a moagem, essas matérias-primas são transportadas a uma torre denominada torre de ciclone, local onde é transferido calor para a farinha gerada pela moagem, a medida que é acrescentado calor na torre, ocorre a perca de CO^2 e inicio do processo de pré calcinação. Para se ter uma ideia a mistura passa de 400°C nos primeiros estágios da torre e alcança 900°C na base da mesma.

Ainda segundo Lima (2011), o próximo processo é a chamada clinquerização, processo pelo qual o material é inserido em um forno com aproximadamente 1230°C, e ocorre com a queima do produto conseguido na etapa anterior. Enfim, o material conseguido é moído junto a outros aditivos como gesso, escória, calcário e pozolona, surgindo portanto os mais variados tipos de cimento Portland, que é ensacado e levado as obras de todo o Brasil, após seguir o processo de produção normatizado

Segundo a NBR 16697 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2018), o cimento portland em produção no Brasil se divide em 10 tipos, que correspondem a adição de algumas propriedades que são indicadas por suas siglas. O cimento Portland possui ainda, 4 classes de resistência, sendo: 25, 32, 40 e ARI.

1.2.1 Cimento Portland Comum (CP I)

O cimento Portland comum sem adição (CP I), foi o primeiro cimento lançado no mercado brasileiro, foi o cimento base para a partir de um amplo domínio cientifico, se pode criar os cimentos subsequentes. Este cimento não possui quaisquer adições.

Este tipo de cimento não possui nenhum tipo de aditivo e é geralmente utilizado para obras em que não há exposição de sulfatos do solo ou de água subterrâneas.

Sendo assim, este tipo de cimento é indicado para execução de obras internas como pilares interno em que não há o contato com o solo, não indicado por exemplo para o uso em vigas baldrame por exemplo. Pois, as mesmas estão em constante contato com o solo.

O cimento em questão é regido pela NBR 5732, norma esta que traz todas as características para que o cimento possa portar a nomenclatura de CP I (Cimento comum). Segundo esta norma, a porcentagem de Clínquer + Sulfatos de cálcio presentes nesse cimento é de 100%, não havendo abertura para inserção de demais componentes como escória de alto forno, material pozolânico ou material carbonático.

Figura 1 - Composição dos cimentos CP I e CP I - S

Componentes (% em massa)					
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP I	25 32 40	100		0	
CP I-S	25 32 40	99-95		1-5	

Fonte: NBR 5732 (1991)

1.2.2 Cimento Portland Comum com adição (CP I – S)

Este tipo de cimento, é um cimento pouco utilizado no mercado brasileiro. Segundo Cimento.org (2010), apenas 1% do cimento utilizado no Brasil é CP I, o mesmo possui adição de cerca de 5% de material pozolânico.

No caso do CP I – S, o mesmo possui as mesmas características do cimento CP – I. No entanto, a adição de material pozolânico confere a este tipo de material uma menor permeabilidade, tornando um pouco mais aceitável (porém ainda não ideal) o uso deste tipo de cimento em obras que tenham contato com umidade, desde que baixad umidades.

Assim como o cimento do tipo CP I, o cimento do tipo CP I – S é também regido pela NBR 5732, norma que como já mencionado, permite a inclusão até no máximo 5% de material pozolânico a mistura de clínquer + sulfatos de cálcio.

1.2.3 Cimento Portland Composto com escória granulada de alto forno (CP II – E)

O CP II – E, apresenta baixo calor de hidratação ou seja, a velocidade de" aquecimento interno" e perca de água para o ambiente acontece em um tempo superior ao que acontece no CP I, este cimento possui adição de escória granulada de alto forno, além da composição básica (clínquer + gesso).

Este tipo de cimento é indicado para utilização em locais com possíveis ataques a sulfatos como locais em contato direto com o solo ou a água, como por exemplo obras de sarjetas e demais peças de concreto que possuam contato com água.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 11578, segundo esta norma as porcentagens de cada tipo de material variam sendo, 66% a 94% de clínquer e gesso e de 6% a 34% de escória granulada de alto forno, o que imputa a características da possibilidade de exposição dos concretos gerados com este tipo de cimento, a sulfatos.

As escórias de alto forno, também conhecidas como ferro-gusa, se formam a partir da fusão de algumas impurezas em meio aos minérios de ferro, com a inclusão de dolomita e calcário, juntamente a cinzas de coque.

Após sua produção a mesma é encaminhada ao resfriamento por meio de tubulações, podem ser resfriadas ao ar livre ou resfriadas por meio de um processo de injeção de jatos d'água. Esta última é utilizada amplamente no mercado de cimento por sua função de aglomerante hidráulico.

Figura 2 – Composição dos cimentos do tipo CP II – Z, CP II – E e CP II - F

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)			
		Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP II-E	25 32 40	94 - 56	6 - 34	—	0 - 10
CP II-Z	25 32 40	94 - 76	—	6 - 14	0 - 10
CP II-F	25 32 40	94 - 90	—	—	6 - 10

a para Petrobras S.A.

Fonte: NBR 11578 (1997)

1.2.4 Cimento Portland Composto com material pozolânico (CP II – Z)

Este tipo de cimento, possui características de menor permeabilidade, devido a adição que varia entre 6% e 14% de material pozolânico, e por sua característica de baixa permeabilidade, é ideal para uso em construções subaquáticas tais como pontes, ou pilares submersos.

É amplamente utilizado para este tipo de obra, uma vez que se apresenta ainda mais impermeável e com maiores possibilidades de exposição a sulfatos, sem que ocorram problemas.

A NBR que rege este tipo de material é também a NBR 11578, e assim como os demais cimentos do tipo CP II, e os demais acima do cimento comum, possuem classes de resistência 25, 32 e 40.

O material incluso neste tipo de cimento, conhecido como pozolana é um material vulcânico, que também pode ser produzido de maneira industrializada, através de processos de queima industrial.

1.2.5 Cimento Portland Composto com Filler (CP II – F)

Assim como os cimentos compostos citados acima, o CP II – F é versátil e ideal para obras comuns, com sua aplicação em assentamento de blocos, lajes, pilares, vigas, calçadas, entre outros elementos da construção civil. Possui em sua composição Filler.

O filler é um tipo de calcário de granulometria fina e que pode ser obtido através de processos de extração natural de minas assim como os demais tipos de calcário.

A NBR que rege a produção deste tipo de material assim como dos dois materiais anteriores é a NBR 11578, de acordo com esta norma para ser aceito como um cimento do tipo CP II – F é necessário a concentração de 90% a 94% de clínquer e gesso e apenas 6% a 10% de material carbonático ou filler.

1.2.6 Cimento Portland de alto forno (CP III)

O cimento Portland de alto forno, é uma alternativa mais ecológica em relação aos citados anteriormente. Devido a sua menor concentração de clínquer, a produção do mesmo, demanda menor emissão de CO^2 e consequentemente menores contribuições ao efeito estufa. Possui uma tendência de crescimento em seu consumo. Hoje, segundo o site Cimento.org (2010), o CP III e CP IV, possuem um consumo de aproximadamente 29% no mercado brasileiro. O cimento em questão, é produzido com o uso de escórias de alto forno e materiais pozolânicos.

Os cimentos do tipo CP III, apresentam versatilidade em sua aplicação, podendo ser utilizado em grandes obras como barragens, portes e demais obras de grandes portes, como para assentamento de blocos e tijolos, de concreto ou barro respectivamente, conferindo a este tipo de cimento uma gama de funções, o eu apresenta vantagens frente a outros cimentos.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 5735, que confere características para o aceite e a identificação deste tipo de cimento. Podendo haver um teor de escória de 35% a 70%, enquanto de clínquer + gesso, este teor pode variar de 30% a 65%, mostrando, portanto, uma ligeira diferença entre o cimento CP III e o cimento do tipo CP II – E, este tipo de cimento assim como os demais se apresenta em 3 classes de resistência, sendo elas: 25, 32 e 40MPa.

Figura 3 – Composição dos cimentos do tipo CP III

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)		
		Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material carbonático
CP III	25 32 40	65-25	35-70	0-5

Fonte: NBR 5735 (1991)

1.2.7 Cimento Portland Pozolânico (CP IV)

Este tipo de cimento, devido a maior concentração de materiais pozolânicos, juntamente a uma inserção em quantidades inferiores de escória, cria um cimento altamente resistente a corrosão do ambiente, sendo o tipo de cimento indicado para a aplicação em regiões de alta corrosão como regiões costeiras em que a presença do sal, gera maior corrosão nas estruturas de concreto e consequente enfraquecimento da estrutura tanto a compressão (ao atingir o cimento), quanto a tração (ao atingir o aço).

Além disso, é indicado para aplicação em locais que demandam grandes quantidades de concreto, justamente pelo pequeno calor de hidratação, fato este que é sentido quanto maior a quantidade de concreto reunida.

Por sua vez, o calor de hidratação é designado como a característica de gerar calor durante a reação química do concreto, este processo pode inclusive gerar fissurações excessivas caso a peça de concreto não seja devidamente curada de acordo com o processo correto.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 5736, que apresentam porcentagem de 45% a 85% de clínquer sulfato de cálcio, 15% a 50% de material

pozolânico e 0% a 5% de material carbonático, o que difere o cimento CP II – Z do cimento CP IV.

Figura 4 – Composição dos cimentos do tipo CP IV

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)		
		Clínquer sulfato de cálcio	Material pozolânico	Material carbonático
CP IV	25 32	85-45	15-50	0-5

Fonte: NBR 5736 (1991)

1.2.8 Cimento Portland de alta resistência inicial (CP – V ARI)

O uso deste tipo de cimento é altamente indicado na produção de artefatos, ou obras que sejam necessárias a rápida desforma, devido a sua resistência inicial superior aos demais, podendo atingir cerca de 26 MPa com apenas 1 dia. Entretanto, todo o cuidado é pouco no momento de cura do concreto fruto deste tipo de cimento.

Uma vez que, devido a sua maior resistência nas primeiras idades, gera maior fissuração por conta do aumento repentino de calor de hidratação e consequente perca de água para o ambiente.

Para criação deste tipo de cimento além de dosagens diferentes de calcário e argila na produção do clínquer, ainda ocorre a moagem prolongada do clínquer a fim de gerar grãos mais finos que acabam por fazer com que ocorra uma reação mais rápida.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 5733, segundo esta normativa o cimento do tipo CP – V ARI, as porcentagens de misturas são de 95% a 100% de clínquer + sulfatos de cálcio e de 0% a 5% de material carbonático.

Figura 5– Composição dos cimentos do tipo CP V - ARI

Sigla	Componentes (% em massa)	
	Clínquer + sulfatos de cálcio	Material carbonático
CP V-ARI	100 - 95	0 - 5

Fonte: NBR 5733 (1991)

1.2.9 Cimento Portland Branco (CP – B)

Este tipo de cimento se divide em 2 tipos, Cimento Portland Branco estrutural e não estrutural, é obtido através de processos de diminuição do teor de óxido de ferro. Utilizado para gerar estruturas com cores, o cimento branco foi desenvolvido para dar vida a estruturas com cimentos de cores diferentes do convencional, podendo ser adicionados pigmentos. Utilizado por exemplo, na fabricação de calçamentos, que são gerados com cores distintas das comuns.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 12989, determina que os cimentos do tipo cimento branco estrutural apresentam de 75% a 100% de clínquer branco + sulfato de cálcio e de 0% a 25% de materiais do tipo carbonático. Possuindo as resistências de 25, 32 ou 40 MPa.

Já o cimento branco do tipo não estrutural, possui de 50% a 74% de clínquer branco + sulfato de cálcio e de 26% a 50% de materiais carbonáticos.

Figura 6 – Composição dos cimentos tipo CP – B (cimento branco)

Denominação	Classe	Componentes (% em massa)	
		Clínquer branco + sulfatos de cálcio	Materiais carbonáticos
Cimento Portland branco estrutural	25 32 40	100 - 75	0 - 25
Cimento Portland branco não-estrutural	-	74 - 50	26 - 50

Fonte: NBR 12989 (1993)

1.2.10 Cimento Portland Resistente a Sulfato (CP - RS)

O Cimento Portland Resistente a Sulfato, é utilizado para recuperação estrutural, concreto projetado, armado, protendido, elementos pré moldados e pavimentos, este tipo de concreto são utilizados em ambientes que são fortemente afetados por meio ambiente agressivamente sulfatados.

A norma que rege este tipo de cimento é a NBR 5737, e apresenta classe de resistência de 25, 32 e 40 MPa, estes cimentos do tipo RS, se apresentam em união a outros tipos de cimento. Por exemplo: CP I – S 32 RS, CP III 32 – RS, CP V ARI RS, entre outros.

1.2.11 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (CP - BC)

O Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação, tem a função de postergar o processo de desprendimento de calor em peças com grande volume de concreto, evitando que estas peças criem fissurações.

A norma que rege este tipo de material é a NBR 13116, com resistências de 25, 32 e 40 MPa, se apresentam em união a outros tipos de cimento. Por exemplo: CP II – F 32 BC, CP III 32 BC, CP IV 32 BC, entre outros.

Tabela 1 – Resumo de comparação entre os tipos de cimento

Tipo de cimento	Características
Cimento CP I	• Primeiro cimento disponível no mercado brasileiro • Cimento não possui adições, é o cimento Portland puro.
Cimento CP I-S	• Apenas 1% do cimento utilizado no Brasil • Possui 5% de adição de material pozolânico
Cimento CP II – F	• Cimento de uso versátil

	• 90% a 94% de clínquer e gesso e apenas 6% a 10% de material carbonático ou filler.
Cimento CP II – E	• Baixo calor de hidratação • 66% a 94% de clínquer e gesso e de 6% a 34% de escória granulada de alto forno
Cimento CP II – Z	• 6% e 14% de material pozolânico • Baixa permeabilidade • Aconselhável para uso em obras com submersão de peças de concreto
Cimento CP III	• Opção bastante ecológica • Menor concentração de clínquer • consumo de aproximadamente 29% no mercado brasileiro
Cimento CP IV	• Maior concentração de materiais pozollânicos • 45% a 85% de clínquer sulfato de cálcio, 15% a 50% de material pozolânico e 0% a 5% de material carbonático
Cimento CP V	• Alto calor de hidratação • Ideal para utilização na moldagem de materiais pré moldados
Cimento CP B	• Encontrado em função estrutural e não estrutural • Cimento com alto valor comercial • Utilização de clínquer branco
Cimento CP RS	• Cimento resistente a sulfato • Pode ser encontrado com combinação de outros cimentos.

Cimento CP BC	• Cimento com baixo calor de hidratação • Pode ser encontrado com combinação de outros cimentos

Fonte: Produzida pelo autor (2022)

1.3 Aditivos para concreto

Os aditivos na construção civil, são utilizados para alterar e potencializar características do concreto, podendo ser características como aumento de plasticidade no concreto, aumento de resistência, diminuição do tempo de cura, entre outras características. Na construção civil brasileira, os aditivos são usados principalmente em empresas de concreto usinado, em construções que utilizam a modalidade de produção de concreto na própria obra, ainda é pouco difundido o uso dos aditivos, embora os estudos quanto ao uso dos mesmos cresçam ano após ano. Porém, em um mercado tão tradicional quanto o da construção civil, mudanças são naturalmente demoradas, podendo atrasar a popularização do uso de aditivos, neste tipo de construção civil.

É comum a adição de componentes químicos e não químicos que reagem com as cadeias químicas do cimento e geram outras características, estes componentes químicos podem ser aditivos, sílica ativa, fibras. Segundo Corrêa (2010) o termo aditivo define uma série de produtos que podem alterar características no concreto, das quais não seriam atingidas sem os mesmos.

Porém, segundo Neville (1997), para que sejam considerados como aditivos no traço a porcentagem deste composto químico não pode ser superior a 5% em relação a massa do cimento. Estes aditivos garantem características como a trabalhabilidade durante a aplicação do concreto, que é necessária para que o processo de polimento desses pisos possa apresentar um resultado satisfatório.

Por sua vez, é possível classificar diversos tipos de aditivos disponíveis no mercado. Segundo a NBR 11768 – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2011), os aditivos podem ser subdivididos em redutores de água, superplastificantes, retardadores, incorporadores de ar, poli funcionais, entre outros. Porém, os mais versáteis são sem dúvidas os poli funcionais, pois concedem mais que uma característica ao concreto, sem riscos de perca de controle no traço de concreto,

situação que pode acontecer dada a mistura de outros aditivos em um mesmo traço. A fim de cumprir o papel de um poli funcional.

Quando falamos em aditivos para a utilização em pisos de concreto, descobrimos que alguns aditivos são mais usados que outros. Segundo Santos (2015), dentre os mais utilizados temos os endurecedores de superfície, aditivos esses que potencializam a resistência superficial do concreto, sendo assim é notável a necessidade da aplicação de aditivos na produção destas peças de concreto na construção civil.

1.3.1 O uso do aditivo poli funcional

Os aditivos poli funcionais se destacam em meio aos demais aditivos por terem características moderadas em alguns quesitos. Segundo Gama (2017), os aditivos poli funcionais se situam entre os aditivos plastificantes e superplastificantes, possuindo um efeito mais duradouro, o que, portanto, facilita o polimento dos pisos de concreto. Uma vez que, por muitas vezes os acabamentos são demorados e a perca de trabalhabilidade ocorrida com o concreto a medida que o processo de "pega" acontece, dificulta o acabamento dos mesmos.

Figura 7 - Aditivo polifuncional Sika®



Fonte: Sika (2022)

1.4 Pisos de concreto polido

Os pisos de concreto polido, são utilizados na construção civil tanto por sua versatilidade, quanto por sua resistência. Podendo os mesmos serem revestidos ou não de materiais como tinta epóxi e uretano, a fim de garantir o uso desses pisos em ambientes

com agressividade ambiental superior ao comum. Entretanto, os cuidados para a execução desse tipo de piso começam antes da fase final, ainda na escolha dos componentes do concreto que será utilizado para este pavimento. Segundo Camargo. (2010), deve-se tomar todo o cuidado para que a execução dos pisos de cimento comum seja feita com uma mesma marca ou procedência de componentes, salientando as possíveis mudanças visuais e nas características do piso em concreto. Sendo assim, a escolha do tipo de cimento e a procedência dos agregados, são etapas essenciais no início do desenvolvimento do traço de concreto para piso polido.

Figura 8 – Processo de polimento de piso em concreto



Fonte: Artpisos (2022)

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 Caracterização de pesquisa

Quando

Finalidade	Objetivos	Abordagem	Técnicas
- Básica	- Descritiva	- Qualitativa - Quantitativa	- Pesquisa de laboratório - Pesquisa experimental

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

A pesquisa em questão é caracterizada por uma pesquisa básica, que visa gerar novos conhecimentos, definida como uma pesquisa descritiva, quanto aos objetivos da

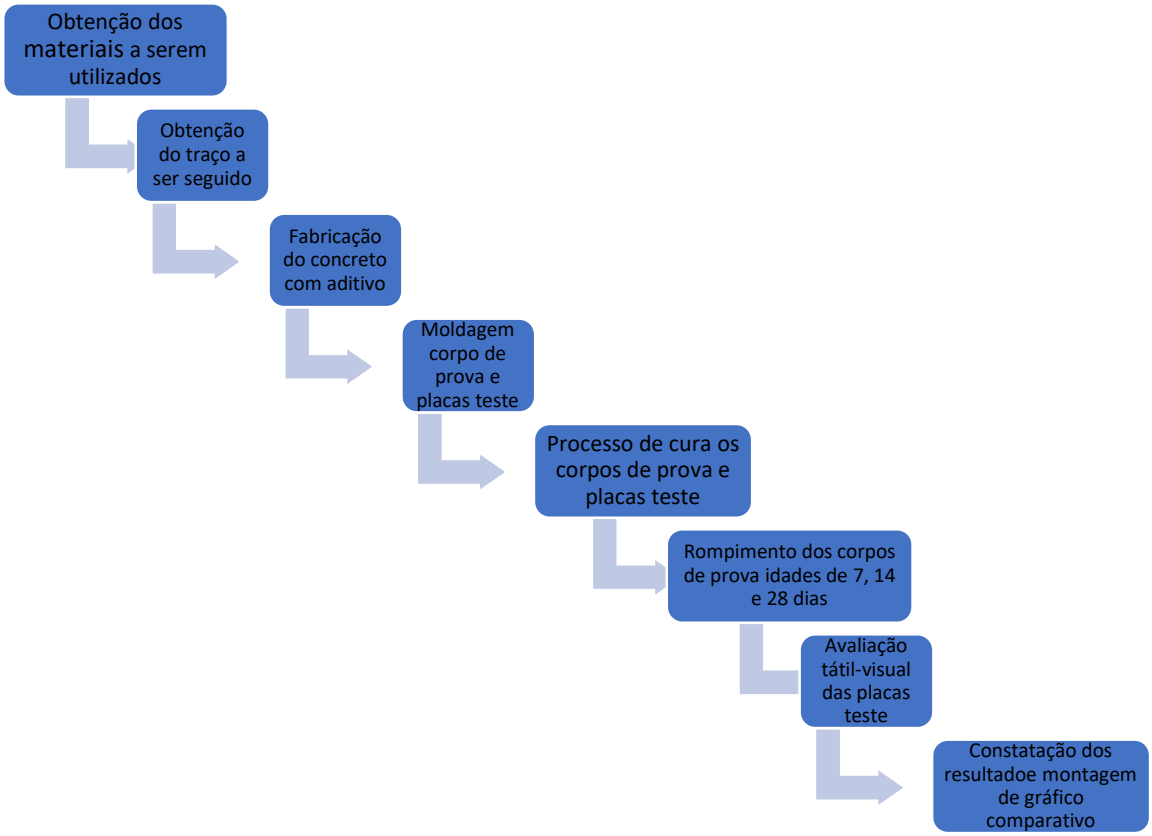
mesma, uma vez que, a mesma exporá características do objeto pesquisado, no caso teremos a exposição das características dos diversos tipos de concreto.

Partindo para o ponto de vista de abordagem da pesquisa, a mesma tem características de uma pesquisa qualitativa-quantitativa, pois além de apresentar, um ranqueamento das melhores combinações quanto a resistência dos corpos de prova, caracterizando uma pesquisa quantitativa, apresentaremos a mesma abordagem para as características qualitativas das placas teste.

Quanto as técnicas de investigação a pesquisa, tem características de uma pesquisa de laboratório juntamente com uma pesquisa experimental. Visto que, serão apresentados ensaios normatizados para a obtenção de informações, e construção de dados a partir de um ambiente controlado, com as manipulações de variáveis, no caso teremos a mudança gradual no cimento Portland utilizado.

2.2 Fluxograma das atividades a serem executadas

Fluxograma 1 – metodologia de análise dos concretos estudados



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

2.1.1 Obtenção dos materiais a serem utilizados

Os materiais serão adquiridos conforme disponibilidade no mercado goiano, ou seja, os cimentos serão comprados conforme disponibilidade em que estejam acessíveis para compra nos materiais de construção e distribuidores da grande Goiânia, a fim de garantir vivência ao processo de construção civil na região.

Além dos cimentos será adquirido também o aditivo polifuncional SIKA® CONCRETO FORTE, para inclusão na fabricação do concreto conforme traço a ser utilizado.

2.1.2 Obtenção do traço a ser seguido

O traço a ser utilizado, será o traço que foi desenvolvido para uso prático da obra Case Nova Crixás, durante a etapa de piso polido.

O traço em questão foi desenvolvido por empresa especializada em consultoria de concreto, e conta com todos os testes necessários para a obtenção do concreto com melhor trabalhabilidade e resistência.

2.1.3 Fabricação do concreto a ser utilizado

O concreto será desenvolvido, seguindo o traço supracitado através de betoneira, com a inclusão de cimento, água, sílica ativa, fibras e aditivo polifuncional SIKA® CONCRETO FORTE.

Misturados a partir de betoneira, em tempo hábil para que a mistura se torne homogênea, o mesmo processo será repetido até que todas as combinações disponíveis de cimento Portland sejam utilizadas.

2.1.4 Moldagem dos corpos de prova e placa teste

A moldagem dos corpos de prova, foi executada seguindo a NBR 5738, norma que traz o processo de moldagem de corpos de prova cilíndrico para rompimento e teste de carga axial.

Além da moldagem dos corpos de prova, foram moldados também placas teste de 50x50 (medida em centímetros), para averiguação tátil-visual das combinações em concreto quando aplicados a uma simulação de placa de piso.

Esta placa teste, foram sarrafeadas e sem armação de telas ou treliças, com altura de 10cm de altura, para verificação do comportamento do concreto.

2.1.5 Processo de cura dos corpos de prova e placas teste

Os corpos de prova e placa teste, seguiram processo de cura de acordo com a NBR 5738, que descreve o correto passo a passo para cura sem alterações no resultado final das resistências do corpo de prova.

Sendo os corpos de prova em questão submersos em água até seu rompimento, após devida marcação para acompanhamento das datas corretas de rompimento.

2.1.6 Rompimento dos corpos de prova com as idades de 7, 21 e 28 dias

Os corpos de prova moldados e imersos em água para processo de cura, foram retirados e rompidos em prensa própria para execução do ensaio de compressão axial, nas dependências dos laboratórios da Unialfa ou por empresa especializada, conforme disponibilidade.

A escolha das 3 idades em questão se deu pois, os primeiros 7 dias marcam o primeiro salto de resistência, é esperado que para essa idade o corpo de prova tenha atingido cerca de 40% de sua resistência final.

A idade de 21 dias foi utilizada como controle, por se tratar de uma idade que antecede em 7 dias o prazo final de cura de concreto segundo norma. Portanto, para 21 dias é esperado que o concreto tenha atingido até 90% de sua resistência.

Por fim, o rompimento com 28 dias foi escolhido por se tratar da idade final para concretos, segundo norma. É notável que os concretos continuam a ganhar resistência com o passar do tempo. Entretanto, o marco de 28 dias é o prazo recomendado por norma para que o concreto atinja resistência suficiente a de projeto.

2.1.7 Avaliação tátil-visual das placas teste de concreto moldadas

As placas testes moldadas com as diversas combinações de cimento, foram avaliadas de maneira tátil-visual para conferência de fissuras e trincas que possam ter sido geradas por conta do calor de hidratação.

2.1.8 Constatação dos resultados e montagem de gráfico comparativo

Após resultados constatados após passagem por prensa, os dados foram coletados e assim gerados dados comparativos entre as combinações.

Além do comparativo de resistência, foram também ranqueados os aspectos t
visuais, para constatação da melhor combinação para execução de pisos de concret

EXPERIMENTAÇÃO PRÁTICA E PROCESSOS

4.1 Traço adotado

A partir de um traço, com valor M = 4,2 para um FCK = 30MPa, com um coeficiente α=51%, adotado para execução dos estudos alvos deste trabalho, foi definido

baseado em um traço empírico (Anexo I) desenvolvido por empresa especializada em consultoria de concreto, para a execução de um piso em concreto de uma obra de um galpão industrial na cidade de Nova Crixás – GO.

Para caracterização, dos coeficientes de argamassa e taxa de cimento, utilizaremos o método IPT – EPUSP.

O traço adotado, possui as seguintes dosagens:

408 : 677 : 1035 : 228. Sendo os dados respectivamente para Cimento, areia, brita e Água, com os materiais cimento, areia e brita em Kg e a água contabilizada em L. Utilizando o já mencionado método IPT – EPUSP:

$\alpha=(1+A)/(1+M)$

Onde,

α: Taxa de Argamassa

A: Quantidade de areia no traço empírico

M: Quantidade de Agregados (Areia + Brita)

Seguimos a estrutura,

1 : a : b : a/c

Onde,

a: Quantidade de areia no traço

b: Quantidade de brita no traço

a/c: Coeficiente água cimento.

Inicialmente, para definirmos a/c, nos utilizaremos dos dados já informados para o traço empírico. Portanto:

a/c = 228/408

a/c = 0,56.

Portanto seguindo a estrutura IPT – EPUSP. Assim como feito com o coeficiente A/C, deveremos dividir todos os materiais do traço para nos adequarmos a estrutura IPT – EPUSP, logo:

1) *(408/408) : (677/408) : (1035/408) : 0,56*

2) 1 : 1,66 : 2,54 : 0,56

De acordo com a equação do método acima apresentado:

M=A+B
Onde,
M: Taxa de agregados
A: Quantidade de areia no traço
B: Quantidade de brita no traço.

Logo,
M=1,66+2,54
M=4,20.

Sendo assim o valor do coeficiente de argamassa **α,** se da por:

α=(1+1,66)/(1+4,2)
α=0,51
α=51%

4.1 Definições de volume

Para desenvolvermos o trabalho em questão, iremos alterar o traço para que consigamos rodar os corpos de prova e placas teste em uma betoneira comum. Para isso, adotaremos 10Kg de cimento, e consequentemente definiremos todos os agregados e a água proporcionais para esta quantidade de cimento.

Para o traço empírico, validado pelo método IPT – EPUSP, para geração de 1m³ de concreto, temos que o traço é:

1 : 1,66 : 2,54 : 0,56 Sendo os dados respectivamente para Cimento, areia, brita e Água, com os materiais cimento, areia e brita em Kg e a água contabilizada em L.

Cimento:

10 Kg x 1 = ***10 Kg***

Areia:

10Kg x 1,66 = ***16,60 Kg***

Brita:

10 Kg x 2,54 = ***25,40 Kg***

Água

10 Kg x 0,56 = ***5,60 Kg***

Nesta dosagem proporcional, as considerações são de que os materiais agregados, possuem umidade *U=0%*, ou seja, os materiais em questão não possuem incidência de umidade nos mesmos. Sendo necessário, novo cálculo compensatório para quaisquer variações de umidade.

Por outro lado, para a dosagem do aditivo, será seguido as orientações do fabricante que trazem que para cada 50 Quilogramas de cimento, deve-se adicionar 1 litro de aditivo. Portanto, para a quantidade em questão, é necessária adição de **100 mililitros** de aditivo SIKA® CONCRETO FORTE.

O aditivo em questão foi escolhido pois, há grande utilização do mesmo e ampla comercialização no mercado da construção civil. Por esse motivo, o aditivo SIKA® CONCRETO FORTE se torna viável para essa análise em detrimento a outros aditivos menos utilizados no mercado

4.2 Definições de amostras a serem utilizadas

Os tipos de cimento encontrados em Goiás no momento da execução do trabalho em questão foram:

- CP II – E – 32 RS
- CP II – Z – 32
- CP II – F – 32
- CP IV – 40 RS
- CP V – ARI
- CP – B

Para utilização, não ocorreu a utilização dos cimentos do tipo CP I e CP I – S. Pois, o material em questão, não é mais utilizado no mercado brasileiro. Outro material não utilizado são os materiais CP III, este cimento por outro lado, não é encontrado no mercado goiano, por seu alto custo.

Figura 9 - Cimento CP II – Z



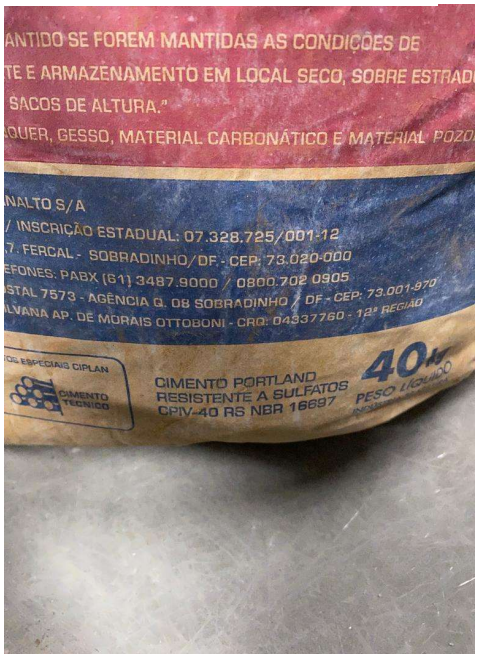
Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 10 – Cimento CP II – E 32 RS



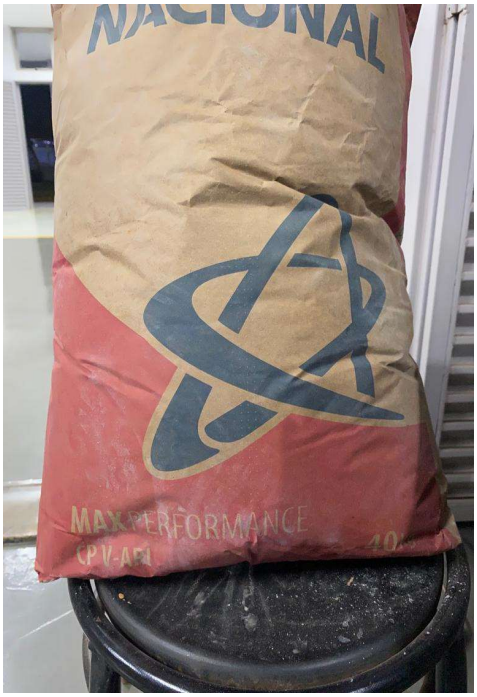
Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 11 – Cimento CP IV 40



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 12 - Cimento CP V - ARI



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 13 – Cimento CP – B



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 14 – Cimento CP II – F 32



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Os cimentos do tipo CP I e CP I – S, não possuem produção no Brasil pois, foram substituídos por cimentos de uso mais comercial e de melhor desempenho, como os acima citados.

O cimento do tipo CP III, não é vendido na região centro – oeste do Brasil, entre pesquisas com os distribuidores locais de cimentos, foi estipulado que a causa provável para isto seria seu valor e sua maior aplicabilidade em regiões litorâneas com grandes incidências de corrosão do concreto, em decorrência das altas concentrações salinas do ambiente, que podem possuir CAA (Classe de Agressividade Ambiental) III OU IV, bem diferentes da CAA II, geralmente utilizada para a região centro – oeste. Conforme definidos pela NBR 6118:2014.

Para maior comodidade, as amostras em questão foram definidas abaixo:

- Amostra I – CP II E 32 RS
- Amostra II – CP IV 40 RS
- Amostra III – CP V ARI
- Amostra IV – CPB 40
- Amostra V – CP II F 32
- Amostra VI – CP II Z 32

Dentre os cimentos, houve preferência pela escolha de cimentos de resistência 32 MPa. Entretanto, 2 das amostras não foram encontradas em resistência 32, e optou-se por substituição por cimentos de resistência 40 MPa.

Além disso, foram escolhidas 2 amostras de cimentos RS (Resistentes a Sulfatos), como representantes dessa classe de cimentos.

4.3 Materiais para fabricação do concreto e execução dos testes

Para execução dos experimentos necessários para a confecção deste trabalho, são necessários os materiais demonstrados abaixo:

Pá de amostragem: Objeto em metal, com cabo utilizado para a coleta de cimento, areia e brita.

Figura 15 – Pá de amostragem



Fonte: Dialmática (2022)

Bandejas plásticas: Objeto utilizado para armazenagem e pesagem dos materiais coletados: cimento, areia e brita.

Figura 16 – Bandeja plástica para pesagem dos materiais



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Balde plástico: Objeto utilizado para armazenagem e pesagem da água necessário no traço escolhido.

Figura 17 – Balde para pesagem de água



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Balança digital: Objeto utilizado para pesagem dos diversos materiais utilizados na confecção do concreto, seguindo por base o traço disponível.

Figura 18 – Balança digital para pesagem dos materiais



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Betoneira: Objeto utilizado para a mistura dos agregados, água, aditivo e do cimentos para confecção do concreto.

Figura 19 – Betoneira para mistura dos materiais



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Kit *Slump*: Kit composto por funil, base, cone e haste. Necessário para averiguação do *slump* do concreto.

Figura 20 – Kit *slump*



Fonte: Engeplast engenharia (2022)

Formas cilíndricas: Formas cilíndricas para moldagem dos corpos de prova, que serão rompidos a fim de demonstrarem os resultados de resistência obtidos

Figura 21 – Forma para corpo cilíndrico de concreto



Fonte: Metal concret (2022)

Formas molde: Formas de 50x50 centímetros utilizadas para a confecção de placas teste, para avaliação tátil-visual. Formas estas feitas em madeira

Figura 22 – Forma de madeira para placa de piso



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.4 Métodos para fabricação de concreto e execução dos testes

Para fabricarmos o concreto de cimento Portland, devemos seguir os processos e materiais normatizados indicados na Norma ABNT NBR 12655:2006. Segundo esta norma os materiais a serem utilizados para concretos de classe C25 ou superiores, devem sempre ser medidos em massa. Por este motivo, os agregados a serem medidos seguindo as medidas de **4.1** e **4.2**.

4.4.1 Pesagem de materiais

O processo de fabricação, inicia-se na pesagem dos materiais. Para isto, é necessário se utilizar de uma balança digital, seguindo os pesos definidos. Para coleta dos materiais, com a pá de amostragem, pesa-se inicialmente o cimento.

Após pesagem do cimento, prosseguimos com a pesagem do restante dos agregados, brita, areia e por fim a água. Levando em conta que os materiais se encontram com 0% de umidade, caso houvesse umidade nos materiais o equivalente ao peso dessa água seria descontado do total do traço. Importante, sempre que um novo recipiente for colocado sobre a balança, efetuar o processo de tara para este recipiente, a medida que os recipientes são enchidos e trocados, o próximo recipiente deve também passar pelo processo de tara.

No momento da pesagem da água do traço, deve-se efetuar o processo de tara para o peso do balde e acrescentar água ao balde levando em conta o peso específico da água, que segundo Oliveira (2018), a massa específica da água é de 1,00 g/cm³ ou seja, 1 Kg/L. Sendo assim, é perfeitamente possível a pesagem da água para o experimento.

Por outro lado, para a dosagem do aditivo a ser utilizado SIKA® CONCRETO FORTE, será seguida a orientação do fabricante que diz que, para cada 50 Quilogramas de cimento, é necessário a utilização de 1 Litro de aditivo. Portanto, adicionaremos proporcionalmente a quantidade correta de aditivo, como indicado em **4.1** e **4.2**.

Figura 23 – Pesagem do cimento



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 24 – Pesagem de areia



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 25 – Pesagem de brita



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 26 – Pesagem da água



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.4.2 Mistura dos materiais

Para efetuar a mistura dos materiais, não existe um processo normatizado. Entretanto, convencionou-se, um processo que evita a perca de materiais. Pois, os materiais cimento e areia são agregados pulverulentos, que podem se dispersar no ar durante a execução da mistura. Por esse motivo, o processo adotado é:

1. Mistura da água ao aditivo
2. Adição da mistura anterior a betoneira
3. Adição da brita a betoneira
4. Ligação da betoneira e execução do processo por 1 minuto para que ocorra o umedecimento do agregado
5. Adição de cimento
6. Adição de areia
7. Adição do restante da mistura de água e aditivo
8. Execução do processo de mistura do restante do material

Segundo a NBR 12655:2006, o tempo mínimo de processo de mistura com betoneira deve ser de 60 segundos, adicionando 15 segundos a cada fração de m³ nominal da betoneira. Portanto, tanto para a execução do umedecimento do agregado, quanto para a mistura dos agregados o tempo adotado foi de 60 segundos.

9. Retirada do concreto da betoneira em um carrinho de mão

Ainda segundo a NBR 12655:2006, a quantidade de concreto retido na betoneira não pode ser maior que 2% do volume nominal, como estávamos executando o processo em uma betoneira de 400 litros, a quantidade a ser retida não pode ser superior a 8 litros de concreto.

10. Execução dos experimentos de *slump* test, moldagem de corpos de prova e placas teste de concreto.

Figura 27 – Mistura de aditivo a água



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 28 – Inserção dos componentes a betoneira



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.5 Experimentos utilizados

Para conseguirmos gerar as análises necessárias das amostras dos diversos tipos de cimento, precisamos executar alguns experimentos. Estes experimentos serão *Slump* Test, moldagem e rompimento de corpos de prova, moldagem de placas teste de 50 x 50cm para análise tátil-visual. Estes experimentos serão descritos detalhadamente abaixo.

4.5.1 *Slump* Test

O *slump* test, é regido pela NBR NM 67:1998 “Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”.

Como citado no título da NBR, o experimento identifica a consistência do concreto, que é definida pelo projetista no momento do desenvolvimento do concreto, e enviado a concreteira juntamente as demais características como resistência almejada, tipo de brita e coeficiente água cimento.

4.5.1.1 Materiais

Inicialmente, as características do molde do corpo de prova são definidas em norma. São essas características:

- A forma do corpo de prova deve ter espessura igual ou superior a 1,5mm.
- Confeccionado com ou sem costura.
- Inicialmente só eram aceitos moldes em metal.
- Interior liso, livre de protuberâncias, não podendo haver rebites, parafusos, soldas ou dobraduras.
- Formato de tronco de cone com as dimensões base inferior 200mm +/- 2mm; base superior 100mm +/- 2mm; altura 300mm +/- 2mm.
- Base superior e inferior devem ser abertas

Durante a moldagem do tronco de cone, é necessária uma haste metálica, para realizar os golpes, esta haste tem como características:

- Material em aço ou semelhante.

- Diâmetro de 16mm.
- Comprimento de 600mm.
- Extremidades arredondadas.

Sob o cone, é necessária uma base metálica, esta base também normatizada apresenta características específicas:

- Constituída em material metálico
- Quadrada ou retangular
- Com lados de dimensão mínima 500mm
- Espessura mínima 3mm

Além destes materiais uma peça superior semelhante ao tronco de cone, ficará acima da parte superior do tronco de cone. De modo a evitar com que o excesso caia para fora do molde.

4.5.1.2 Métodos

Para executar o procedimento de *slump test*, é necessário seguir alguns passos específicos e normatizados.

Inicialmente, é necessário umedecer o tronco de cone e a placa metálica, de modo a evitar atrito entre o concreto e o tronco de cone ou a placa, no momento em que o cone é retirado e o concreto desliza sobre a placa. O tronco de cone possui 2 aletas, pelas quais o operador do ensaio deve pisar sobre as mesmas durante a execução do ensaio. De modo a evitar com que o concreto saia pela parte inferior do cone enquanto o ensaio é executado.

São aplicadas 3 camadas de concreto, com um terço da altura do cone em cada uma. Ou seja, cada camada de concreto deve ocupar cerca de 100mm do cone que possui um total de 300mm, no intervalo entre a execução das camadas é preciso com a haste normatizada, usuário deverá compactar a camada atual de modo a apenas atingir a camada anterior, sem que ultrapasse para a outra e nem bata com a haste na placa do fundo, 25 golpes com esta haste de socamento. Necessário atentar para que a base metálica esteja sobre uma superfície livre de imperfeições. Na última camada, é preciso deixar um excesso para que não haja falta de material, e necessidade de complemento.

Ao fim desse procedimento, o usuário irá retirar a peça superior do molde e com uma ferramenta semelhante a uma colher de pedreiro, retirar o excesso para que o concreto faceie a parte superior do molde. No momento da retirada, o operador retira os pés das aletas, enquanto segura nas alças laterais e durante 5 a 10 segundos, com um movimento constante puxar o molde na vertical sem torcer a forma do concreto.

A operação de preenchimento do cone de concreto, e compactação das camadas, deverá durar no máximo 2 minutos e 30 segundos. Além disso, a operação completa deverá levar no máximo 5 minutos desde a coleta da amostra até o desmolde da mesma.

A medição dos resultados do abatimento deve ser feita através da colocação da haste sobre o cone de invertido ao lado do material desmoldado. Com uma trena ou régua, os resultados devem ser exprimidos em milímetros, arredondando a cada 5 milímetros mais próximos.

Caso ocorra desmoronamento na massa do concreto, durante o desmolde ou aferição dos resultados, que impeça a medição do abatimento. O teste deverá ser desconsiderado e o processo refeito, com uma nova porção de concreto da mesma amostra.

Figura 29 – Colocação de concreto no tronco de cone



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 30 – Golpes com haste



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 31 – Finalização da última camada



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 32 – Desforma do tronco de cone



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 33 – Aferição dos resultados



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.5.2 Definição de resistência de corpos de prova cilíndricos por ensaio de compressão axial

A moldagem de corpos de prova cilíndrico para ensaio de compressão, é regido pela norma NBR 5738:2015 Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, definindo materiais e métodos para a execução da moldagem e cura dos corpos de prova Por sua vez o ensaio de compressão axial é regido pela norma NBR 5739:2018 Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Entretanto, outras normas podem ser referenciadas pois, se envolvem nos processos de corpos cilíndricos como a norma NBR 9479 Argamassa e concreto – Câmara úmidas e tanques para cura de corpos de prova. Além desta, a NBR 16886:2020 Concreto – Amostragem de concreto fresco, que fala sobre a preparação do concreto necessária para a moldagem de corpos de prova.

4.5.2.1 Materiais

Para execução do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, é necessário que os moldes obedeçam a algumas características específicas. São estas características demonstradas abaixo:

- Devem ter a altura que equivalha ao dobro do diâmetro. Podendo os diâmetros serem de 10cm, 20cm, 25cm, 30cm ou 45cm. Havendo uma tolerância de 1% no diâmetro e de até 2% na altura.
- Laterais dos moldes devem ser de aço ou outro material que não absorva ou reaja com o concreto de cimento Portland.
- Abertura em sua parte superior, e possibilidade de fácil desmoldagem.
- Base plana e rígida com dimensões que permitam sua estabilidade.
- Juntas de modo que não permitam que o material escape por elas no momento de moldagem ou de repouso do corpo de prova

A haste utilizada para compressão do concreto durante a moldagem, possui também características normatizadas para que não gere quaisquer problemas nas amostras por ela desenvolvidas:

- Fabricada em aço.
- Superfície lisa.
- Dimensões de 16mm +/- 2mm.
- Comprimento de 600mm a 800mm.
- Um ou ambos os extremos em formato semiesférico, com diâmetro igual ao da haste.

A amostra deve ser vibrada através de um vibrador de imersão, com características mencionadas abaixo:

- Eixo rígido ou flexível
- Acionados por um motor elétrico
- Frequência de vibração não inferior a 100 Hertz (6000 vibrações por minuto), medidas enquanto o vibrador estiver imerso em concreto.
- Caso os elementos vibrantes sejam de compartimento fechado, a frequência de vibração deve ser superior a 50 hertz (3000 vibrações por minuto).
- Indiferente ao tipo de vibrador, deve poder ser fixado firmemente ao molde e com aparelhagem para controlar a vibração do dispositivo.

O concreto que for utilizado na moldagem de corpos de prova, deverá ter passado por processo de *slump* test. Entretanto, a parte da amostra que foi utilizada no processo de *slump* test, deverá ser descartada.

4.5.2.2 Métodos

4.5.2.2.1 Moldagem

Inicialmente, é necessário escolhermos entre o método manual ou mecânico. Para isso, levamos em conta a tabela indicada abaixo:

Figura 34 – Classes de abatimento e método de adensamento

Classe	Abatimento mm	Método de adensamento
S10	$10 \leq A < 50$	Mecânico
S50	$50 \leq A < 100$	Mecânico ou manual
S100	$100 \leq A < 160$	
S160	$160 \leq A < 220$	Manual
S220	$A \geq 220$	

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (2022)

Por outro lado, para definição da quantidade de golpes a ser utilizado durante a moldagem dos corpos de prova, é necessário utilizarmos da tabela abaixo:

Figura 35 – Dimensão básica de corpo cilíndrico e número de golpes

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (*d*) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	–	–
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450 [b]	3	–	–

[b] Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

[c] No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (2022)

Como os corpos de prova se encaixam no abatimento entre 50mm a 100mm, a classe de consistência dos corpos de prova se encaixam na classe S50. Por outro lado, os corpos de prova utilizados são cilíndricos de 100mm de diâmetro. Portanto, será necessário utilizar o adensamento manual.

Neste processo, a haste de ponta semiesférica, deve penetrar no concreto sem bater no fundo no caso do nosso experimento, a haste deve proferir 12 golpes sobre o concreto,

por duas camadas. Na segunda camada, a haste deve penetrar atravessando a segunda camada e adentrando cerca de 2cm na camada inferior. Além disso, a última camada ao ser moldada, deve se prever certo excesso. Pois, ao ser adensada a camada deve ainda assim, completar todo o volume do corpo cilíndrico.

A cada camada, é necessário bater levemente nas laterais do molde a fim de preencher os vazios deixados no concreto, de modo que estes vazios não “enfraqueçam” a resistência do corpo de prova no momento do rompimento do mesmo.

Ao fim do processo, deve-se arrasar o corpo de prova, utilizando uma colher de pedreiro ou régua para que o concreto não ultrapasse a borda do molde.

Figura 36 – Moldagem de corpo de prova



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.5.2.2.2 Cura

Após o processo de moldagem listado anteriormente, os corpos de prova devem seguir um processo metódico de cura.

Imediatamente após moldagem, os corpos de prova devem ser colocados em uma superfície lisa, sem eu hajam trepidações. Pelo período de pelo menos 24 horas para os corpos de prova semelhantes ao deste experimento, devem ser armazenados em local com proteção contra chuvas e cobertos por um material que não reaja com o concreto e que evite a perca de umidade nas primeiras idades dos concretos.

No segundo estágio da cura dos corpos de prova. Ocorrem duas possibilidades para a segunda etapa a primeira caso os corpos de prova tenham sido moldados com o objetivo de “comprovação da qualidade e uniformidade do concreto durante a construção” ou “moldados com o objetivo de verificação das condições de proteção e cura do concreto”. No caso deste experimento, a primeira opção é a única possível.

Sendo assim, o processo de segundo estágio da cura destes corpos de prova, devem ser desmoldados após as 24 horas do período inicial de cura. Antes de armazenados, os corpos devem ser identificados.

Assim que desmoldados, os corpos de prova devem ser identificados de 1 a 6, conforme **4.2,** e após identificação, devem ser imersos em uma solução de hidróxido de cálcio com a temperatura de 23º +/- 2º ou em uma câmara úmida nas mesmas condições de temperatura, e com umidade de pelo menos 95%, não sendo esses corpos de prova alvos de gotejamento ou água com movimento, para que não ocorram danos a estrutura dos corpos de prova. Não deve haver empilhamento de corpos de prova.

Figura 37 – Cura dos corpos de prova



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.5.2.2.3 Preparação dos corpos de prova para ensaio de rompimento por compressão

É necessário antes do ensaio de resistência por compressão axial, uma preparação que consiste na planificação das bases dos corpos de prova, para que quaisquer protuberâncias não gerem pontos de tensões durante a execução do ensaio, fazendo com que o corpo de prova possa ser rompido antes de sua máxima tensão. Podendo a preparação acontecer de duas formas. Retificação ou capeamento.

Na retificação, do corpo de prova é retirado uma fina camada de material, de modo que não abale a estrutura da peça. Além disso, deve ser garantida a perpendicularidade e planicidade da amostra ou seja, não podem haver pontos mais protuberantes que outros, para que não ocorram os problemas já citados, para a garantia de tais características é necessário a utilização de uma retifica adaptada a essa função. Esse método, será o adotado para a execução deste trabalho.

Por outro lado, o capeamento consiste na aplicação de uma fina camada de material. Semelhante a regularização feita sobre um contrapiso. De modo a tornar a superfície plana e perpendicular em todos os pontos. Além disso, o material não pode ser muito diferente ao concreto para que não ocorram diferenças significativas durante a execução dos ensaios. Sendo assim. Ao material em que ocorrerá o capeamento, deve-se observar as seguintes características:

a) Aderência ao material em concreto
b) Compatibilidade química com o concreto (proximidade quimicamente ao concreto)
c) Fluidez, na aplicação do material e posterior endurecimento (semelhante ao concreto)
d) Acabamento liso e plano, após o endurecimento do material.
e) Resistência semelhante as resistências conhecidas do concreto.

Para que ocorram garantias na execução desse método é necessário a utilização de um dispositivo denominado capeador. Não podendo a camada de capeamento ser superior a 3 milímetros de espessura.

Figura 38 – Processo de retificação do corpo de prova



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 39 – Corpo de prova natural x corpo de prova retificado



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.5.2.2.4 Rompimento do corpo de prova

Para o rompimento do corpo de prova, é necessário a utilização de maquinário específico, o corpo de prova após retificação é colocado na máquina. Esta máquina aplica uma força vertical para baixo, até o momento do rompimento do corpo de prova.

Neste momento, a máquina sessa a aplicação da força e através da força aplicada, apresenta o resultado da resistência do corpo-teste.

Os corpos de prova são rompidos dois a dois, para que seja obtido prova e contraprova, o maior valor entre estes dois corpos é o considerado como a resistência do concreto.

Os rompimentos são feitos em 7 dias, 21 dias e por último 28 dias, sempre dois a dois.

Figura 40 – Máquina para rompimento de corpo de prova



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

Figura 41 – Corpos de prova serem rompidos



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.6.2 Moldagem de placa teste 50 x 50cm

4.6.2.1 Moldagem

Para o processo de moldagem de placas teste de 50 x 50cm, não existem processos normatizados. Portanto, para executar as placas teste, foram seguidos os processos referenciados em Tibúrcio (2019).

Sendo assim, inicialmente o processo de fabricação de concreto se seguiu conforme descrito em **4.4.** Após os processos de fabricação, foram moldadas 6 amostras para análise tátil-visual destas placas.

Com dimensões de 50 x 50 x 10 cm, o objetivo foi visualizar possíveis fissurações durante o processo de cura do concreto, enquanto se incide o calor de hidratação pelas placas. Uma vez que, além de problemas estruturais com as placas, calor de hidratação e juntas de dilatação com pouca eficácia, são características que podem gerar possíveis patologias.

Figura 42 – Moldagem de placa teste



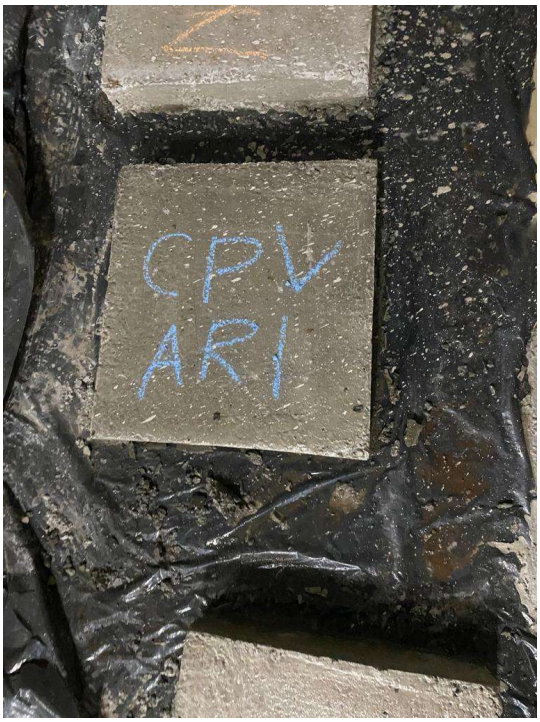
Fonte: Produzida pelo autor (2022)

4.6.2.2 Cura

A cura das placas teste, foram feitas conforme processos de cura dispostos na NBR 14931:2004 Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Que diz que, enquanto a peça de concreto não atinge o endurecimento satisfatório do concreto, o mesmo deve ser curado e protegido, de modo a evitar a perda de água durante o processo de perca de água por calor de hidratação, assegurando a resistência superficial adequada e assegurando a formação de uma capa superficial durável.

Para a cura, foi utilizado o processo de adição de água superficial, após o endurecimento do concreto, sendo o concreto sofrendo o processo de adição de água 2 vezes a dia, por pelo menos 7 dias assim como disposto na NBR.

Figura 43 – Placas em processo de cura



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os processos de cura dos corpos cilíndricos de concreto descritos em **4.5.2.2.3**, e execução da retificação dos corpos de prova descritos em **4.5.2.2.2**, foram rompidos os corpos de prova em máquina específica.

Os resultados dos *slumps*, foram obtidos após o processo descrito em **4.5.1**. Resultados estes expressos em gráfico para melhor apreciação.

Os resultados táteis-visuais, foram obtidos através da observação das placas teste, e registro de resultados fotográficos.

5.1 *Slumps* atingidos

5.1.2 Apresentação dos resultados

Os resultados de *slump* atingidos pelas amostras de concreto, estão dispostos conforme tabela abaixo:

Figura 44 - Resultados de *slumps* atingidos

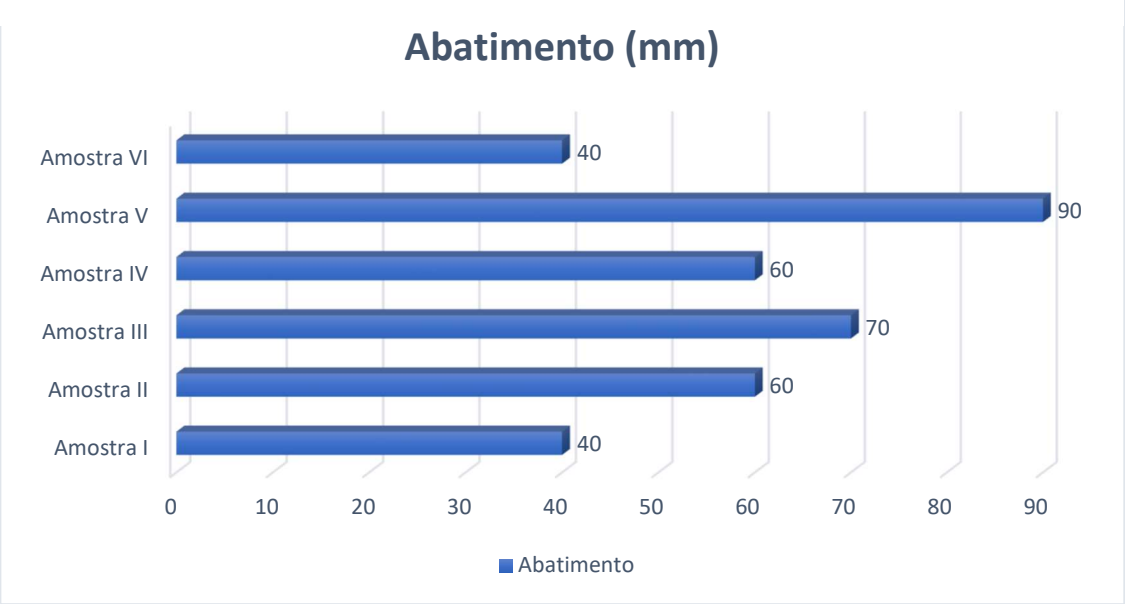
Resultados de slump Amostras I a VI				
Amostra	**Traço utilizado**	**Processo de teste utilizado**	**Resultado esperado**	**Resultado atingido**
Amostra I	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	40mm
Amostra II	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	60mm
Amostra III	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	70mm
Amostra IV	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	60mm
Amostra V	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	90mm
Amostra VI	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Slump test NBR 5738 : 2015	120mm +/- 20mm	40mm

Fonte: Produzida pelo autor (2022)

5.1.3 Demonstração gráfica

De acordo coma tabela acima montada, é possível nos utilizarmos de um gráfico para melhor análise comparativa das amostras, no que diz respeito ao teste de *slump*.

Figura 45 - Comparativo gráfico abatimento por amostra



Fonte: Produzida pelo autor

5.1.4 Conclusão dos resultados

Deste modo, é possível analisarmos que para o traço utilizado o abatimento não foi suficiente. Possivelmente, por conta da alteração dos materiais utilizados na fabricação do concreto. Inicialmente, a areia e a brita utilizados no traço base, acabaram por alterar algumas características da amostra e influenciaram no resultado do abatimento deste concreto.

5.2 Resistências dos corpos cilíndricos a compressão

De acordo com a moldagem e processos desenvolvidos em **4.5.2,** conseguimos resultados de resistência para 3 diferentes idades dos concretos moldados, 7, 21 e 28 dias. Os rompimentos foram executados conforme o calendário abaixo definido:

Figura 46 – Cronograma de rompimentos

Calendário de rompimentos por idade			
Amostra	Rompimento 07 dias	Rompimento 21 dias	Rompimento de 28 dias
Amostra I	06/10/2022	20/10/2022	27/10/2022
Amostra II	12/10/2022	26/10/2022	02/11/2022
Amostra III	12/10/2022	26/10/2022	02/11/2022
Amostra IV	13/10/2022	27/10/2022	03/11/2022
Amostra V	13/10/2022	27/10/2022	03/11/2022
Amostra VI	13/10/2022	27/10/2022	03/11/2022

Fonte: Produzida pelo autor (2022)

5.2.1 Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos, podem ser expressos de acordo com a tabela abaixo, que demonstra as 3 idades de cada amostra abaixo:

Figura 47 – Resultados de rompimento por idade

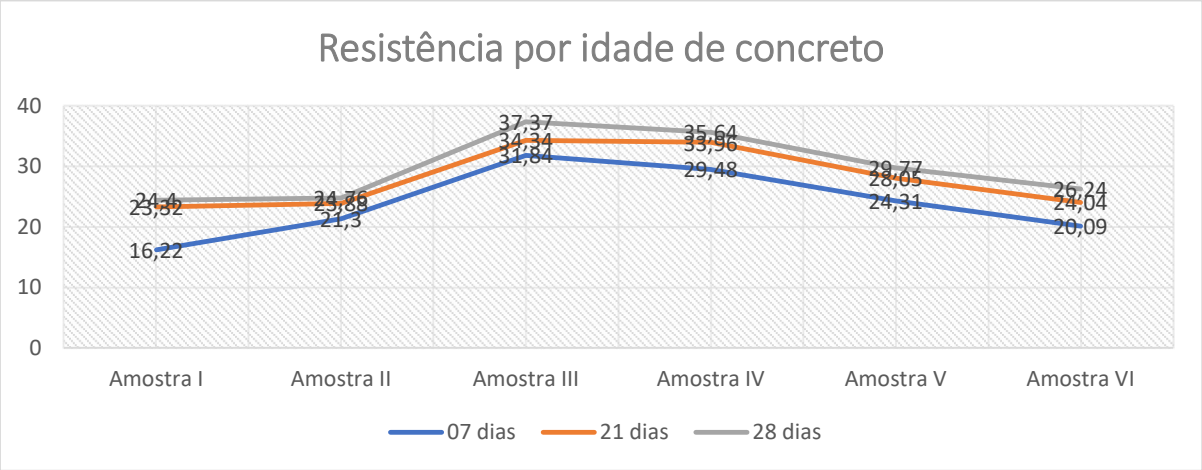
Resultados de resistência a compressão em 3 idades do concreto									
Amostra	Traço Utilizado	Processo de teste utilizado	Resultado esperado	R. 07 dias (Mpa)		R. 21 dias (Mpa)		R. 28 dias (Mpa)	
				Prova	C. Prova	Prova	C. Prova	Prova	C. Prova
Amostra I	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	15,03	16,22	23,02	23,32	22,74	24,4
Amostra II	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	20,93	21,3	23,88	23,37	24,06	24,76
Amostra III	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	31,84	29,32	34,34	32,46	37,37	35,54
Amostra IV	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	29	29,48	33,96	33,58	35,64	35,54
Amostra V	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	23,9	24,31	28,05	26,59	29,77	29,27
Amostra VI	1 : 1,66 : 2,54 : 0,56	Compressão CP NBR 5738 : 2015	30 Mpa	19,51	20,09	22,95	24,04	25,31	26,24

Fonte: Produzida pelo autor

5.2.2 Demonstração gráfica

Para melhor compreensão dos resultados a tabela do tópico **5.2.1** foi também expressa em formato gráfico, para confecção deste, foram utilizados para cada um dos concretos e respectivas idades a maior resistência entre prova e contra prova:

Figura 48 – Resistências das amostras por idade



Fonte: Produzida pelo autor

De acordo com o analisado, é possível perceber que as únicas amostras que atingiram o resultado necessário foram, amostra III, amostra IV. Uma única amostra chegou próximo ao que era necessário com desvio de 0,33 MPa apenas, sendo essa a amostra V. As demais amostras, I, II e VI não apresentaram resultados satisfatórios, ficando com resultados de 81% do necessário, 82,5% e 87,5% do resultado necessário.

Este resultado pode se dar por inúmeros fatores, entre eles 2 principais, a substituição do tipo de aditivo, a substituição do tipo de agregado e método de mistura em betoneira, que pode diferir um pouco do método de mistura adotado em concreteiras, pela automatização do processo de pesagem e demais processos.

5.3 Avaliações táteis-visuais das placas teste

Após os 28 dias de cura das placas de concreto, é possível analisar as placas em relação aos resultados táteis-visuais, quanto a fissurações ou demais patologias que o concreto possa apresentar.

Figura 49 – Placas de concreto com 7 dias de concretagem



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

5.3.1 Apresentação dos resultados

Figura 50 - Expressão resultado tátil visual 07 dias



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Inicialmente em uma análise as placas em 7 dias verificamos que as mesmas não apresentam grandes fissurações, ocorre a criação de uma camada aparentemente plástica sobre as placas. A placa de CP IV – 40 RS apresenta algumas fissurações, aparência ruim em vista as demais. No momento de fabricação dessa placa, o concreto em questão se apresentou um *slump* baixo, cerca de 60mm, sendo estas fissurações provavelmente em decorrência do calor de hidratação aliado ao índice insuficiente de água ao composto, o que pode ter gerado o baixo *slump* e as patologias em questão.

As amostras em 21 dias apresentam diferenças. A amostra CP V – ARI, demonstra fissurações já esperados pela alta resistência inicial, que motiva um alto calor de hidratação e consequentemente uma perca de água ao longo do tempo. Assim, ocorreram fissurações na amostra.

Figura 51 - Expressão resultado tátil visual 21 dias



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Por outro lado, a amostra CP IV 40 – RS, continuou e demonstrou ligeiro aumento nas fissurações, o que se seguiu a partir do apresentado nas amostras ainda em 7 dias, como inicialmente citado o principal motivo, pode ter sido o baixo *slump* e consequente quantidade de água na mistura.

O concreto feito com cimento branco, apresenta boa aparência apesar dos 28 dias de cura da placa de concreto.

A amostra com CP II – F 32, não demonstrou fissurações. Frente as placas que não apresentaram também fissurações, estão com deformações e patologias na média das

demais. Sendo assim, 4 placas de concreto apresentaram aparência suficientemente boa e ausência de patologias.

Por fim na última idade de análise das placas de concreto, se mostraram alinhadas aos resultados apresentados na idade de 21 dias. Os concretos CP V – ARI e CP IV 40 – RS, apresentaram fissuras superficiais, que podem ser atribuídas ao calor de hidratação. E portanto, se encontraram de maneira não satisfatória ao requerido.

Figura 52 - Expressão resultado tátil visual 21 dias



Fonte: Produzida pelo autor (2022)

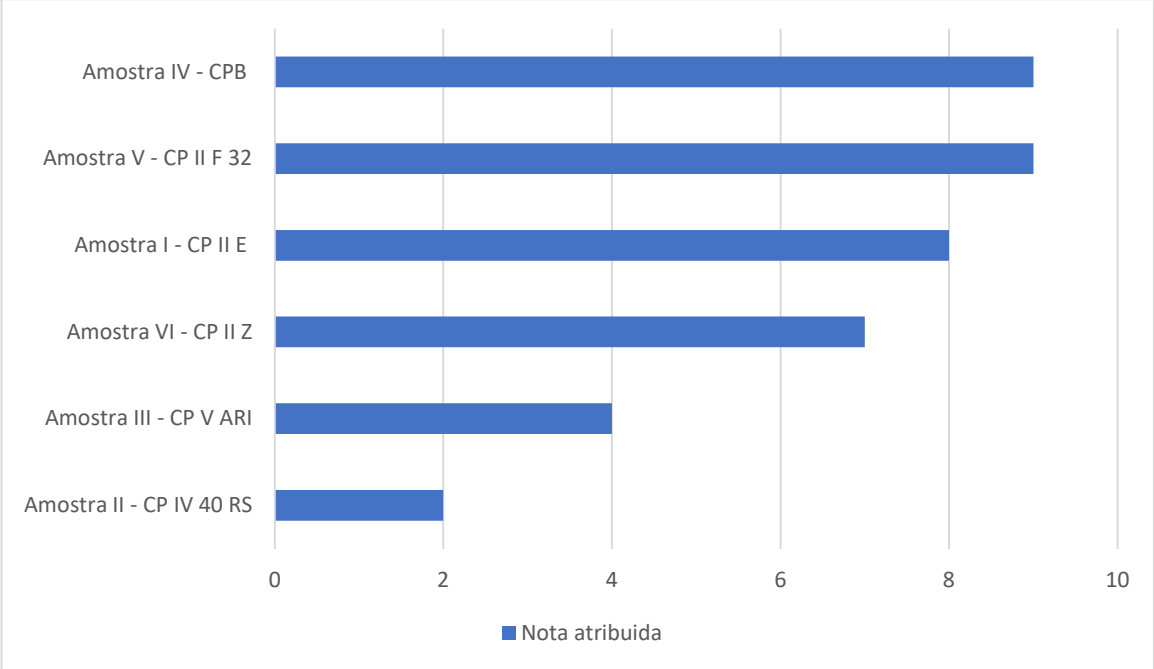
Por outro lado, os concretos CP II E – RS, CP II – F, CP II – Z e CP – B, apresentaram excelentes resultados táteis visuais, com ênfase ao CP II – F e CP – B, que apresentaram um desempenho ainda superior aos outros dois anteriormente citados.

5.3.2 Conclusão dos resultados

Desse modo, para apresentação gráfica foram – lhes atribuídas notas de 0 a 10, dessa maneira é possível quantificar a pesquisa qualitativa tátil visual destas placas de concreto, e conseguir desenvolver uma melhor análise para escolha do melhor arranja nos próximos tópicos. Portanto abaixo, um gráfico ranqueando os resultados táteis visuais das amostras.

As notas atribuídas em questão, são atribuídas conforme experiência e conhecimento do autor. Os critérios utilizados foram principalmente a existência de fissurações nas placas teste. Além de, possíveis características como placas quebradiças.

Figura 53 – Quantificação de resultados táteis visuais



Fonte: Elaborado pelo autor

Como definido pelo gráfico acima, as 3 melhores amostras foram amostra IV, amostra V e amostra I, respectivamente.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS DAS AMOSTRAS

Após a expressão dos resultados dos 3 experimentos anteriores. É possível identificarmos o melhor arranjo para construção de pisos de concreto com aditivo.

6.1 Apresentação comparativa

Finalmente, após as testagens é possível expressar os dados em uma tabela que efetue a comparação dos arranjos.

Figura 54 – Análise comparativa de arranjos

Análise comparativa de arranjos					
Amostra	Slump (mm)	Resistência (Mpa)			Análise tátil visual
		07 dias	21 dias	28 dias	
Amostra I	40	16,22	23,32	24,4	8
Amostra II	60	21,3	23,88	24,76	2
Amostra III	70	31,84	34,34	37,37	4
Amostra IV	60	29,48	33,96	35,64	9
Amostra V	90	24,31	28,05	29,77	9
Amostra VI	40	20,09	24,04	26,24	7

Fonte: Elaborado pelo autor

A amostra I, apesar de apresentar na análise tátil visual poucas fissurações e deformações após os 28 dias, possui resistência insuficiente e um *slump* baixo, para este traço, o que impossibilita seu uso em pisos de concreto, uma vez que a baixa trabalhabilidade dificulta o polimento do concreto.

A amostra II, possui trabalhabilidade um pouco superior as demais. Entretanto, a resistência é inferior ao projetado de 30 MPa, ficando consideravelmente abaixo do necessário. Além disso, a análise tátil visual demonstra uma aparência bastante inferior aos demais arranjos.

Por outro lado, a amostra III demonstra boa resistência e *slump* superior, o que demonstra uma melhor trabalhabilidade, e resistência que extrapola o necessário. Entretanto, o cimento utilizado CP V – ARI, não é aconselhado para uso em pisos de

concreto polido, por se tratar de produzir um concreto com alto calor de hidratação. Sendo assim, em grandes placas de concreto, que se utilizam de um grande volume, acabam gerando fissurações e patologias, apesar de sua resistência elevada nas primeiras idades.

A amostra IV, apresenta *slump* inferior ao necessário. Entretanto, possui resistência elevada e boa aparência tátil visual. Entretanto, o concreto em questão é formado por um cimento branco. Sendo assim, a utilização desse cimento é a mais aceitável. Por outro lado, se for levado em conta o critério de custos, o cimento em questão inviabiliza sua utilização uma vez que seu valor é bem superior aos demais cimentos do mercado. Entretanto, utilizando-se apenas o critério técnico, o cimento em questão apresenta uma ótima usabilidade para pisos de concreto polido, o único critério em que se é necessário analisar, seria o *slump*. Uma vez que, o *slump* apresentado por essa mistura foi baixo.

A amostra V, demonstrou se considerarmos a média entre os 3 critérios, o melhor desempenho entre os demais arranjos. Apresentando uma resistência apenas 0,33 MPa abaixo do necessário, uma boa aparência tátil visual e o *slump* mais alto entre as amostras. O que demonstra que este é possivelmente o melhor arranjo dentre os 6 apresentados.

Se analisarmos a amostra VI, apresenta baixo *slump*, resistência baixa e moderada apresentação tátil visual. Sendo assim, o resultado em questão se mostra inferior aos anteriores apontados.

Desse modo, é possível entender que a amostra V, demonstra um melhor desenvolvimento nas características. Foi portanto, extraída a média das características e a amostra que demonstrou melhores características médias foi a amostra de número V.

Apesar de a amostra em questão não ter atingido o mínimo de 30 Mpa, características que podem ter acontecido devido a troca de materiais como a areia e a brita utilizada na execução do traço.

6.2 Definição de melhor arranjo

Desse modo, é possível analisarmos que levando em conta apenas os critérios técnicos, e econômicos a amostra V apresenta melhores resultados frente as demais. Entretanto, a amostra IV também apresenta bons resultados, com resultados de resistência até superiores ao da amostra V. Entretanto, seu *slump* e preço desfavorecem a utilização deste arranjo. Abaixo apresentação dos resultados do pior para o melhor arranjo disponível.

1. Amostra V – CP II – F 32
2. Amostra IV – CPB – 40
3. Amostra VI – CP II – Z 32
4. Amostra I – CP II – E 32 RS
5. Amostra III – CP V – ARI
6. Amostra II – CP IV – 40 RS

Entretanto, é necessário analisarmos sobre o traço utilizado na análise para fabricação das placas de piso, é importante levar em conta que os resultados podem ter disso alterados por conta da alteração de matéria como brita e areia, que não foram os mesmos utilizados para a análise e criação do traço inicial. Sendo assim, é notável que a alteração do traço seria necessária.

CONCLUSÃO

As placas de piso são necessárias principalmente em construções industriais. Entretanto, as mesmas podem ser usadas em locais como estacionamentos ou pátios para armazenagem de máquinas, carros ou caminhões por exemplo. A concepção do projeto estrutural de um piso em concreto armado é definida com base em um número N, definido pela utilização do piso, capacidade e esforços necessários no piso.

Para garantir que os pisos de concreto suportem os esforços necessários, são dimensionadas as armações com treliças, telas e barras de transferência. Por outro lado, outra parte importante é o concreto, concreto este que deve ser produzido seguindo um traço bem definido com agregados conhecidos. Uma outra parte importante é a escolha do cimento ideal. Seguindo este conceito o estudo em questão é necessário.

Após o desenvolvimento dos experimentos necessários para definição do melhor arranjo e melhor cimento possível para a aplicação em pisos de concreto, é possível definir que o traço utilizado e o conhecimento dos materiais é de grande importância e podem levar a completa alteração dos resultados finais do concreto a ser utilizado.

Levando isto em conta a amostra CP II – F 32 é a mais adequada para utilização em placas de piso de concreto. Entretanto, é notável a necessidade de ajuste do traço para reforço da resistência e melhora da trabalhabilidade do concreto para polimento do piso e para que sejam evitadas patologias ao longo o tempo, decorridas da resistência, tais como fissurações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5732:** Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5733:** Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5735:** Cimento Portland alto-forno. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5736:** Cimento Portland Pozolânico. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12989:** Cimento Portland branco. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

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

CÔRREA, Augusto. **ESTUDO DO DESEMPENHO DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES E POLIFUNCIONAIS EM CONCRETOS DE CIMENTO**

PORTLAND TIPO CPIII-40. Orientador: Prof. Fathi Aref Ibrahim Darwish. 2010. 149 f. TCC (Mestrado Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

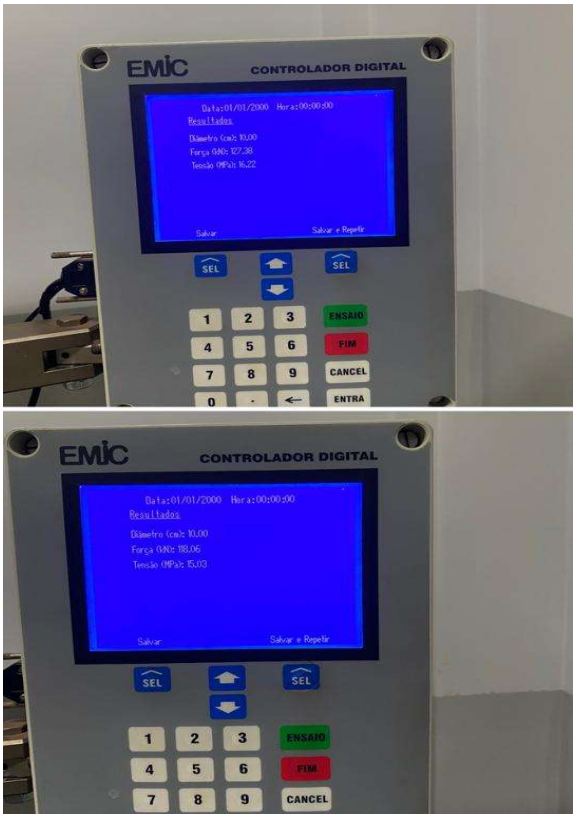
COUTO, José; CARMINATTI, Rafael; NUNES, Rogério; MOURA, Ruan. O CONCRETO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO. **Cadernos de graduação**, Sergipe, v. 1, p. 49-58, 1 out. 2013.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. [*S. l.*]: IBRACON, 2010.

MEDEIROS, José; TORRES, Sandro. O CIMENTO PORTLAND DO SÉCULO XIX E AS RUÍNAS QUE TESTEMUNHAM O PIONEIRISMO BRASILEIRO NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA DA AMÉRICA LATINA. **3º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira**, Salvador, p. 2, 3 set. 2019.

VARELA, Noel; VIEIRA, Fernando. Cimento: Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas. **Concreto de Cimento Portland**, Portugal, p. 3, 15 jul. 2005.

APÊNDICE A – RESULTADOS DE ROMPIMENTO A COMPRESSÃO



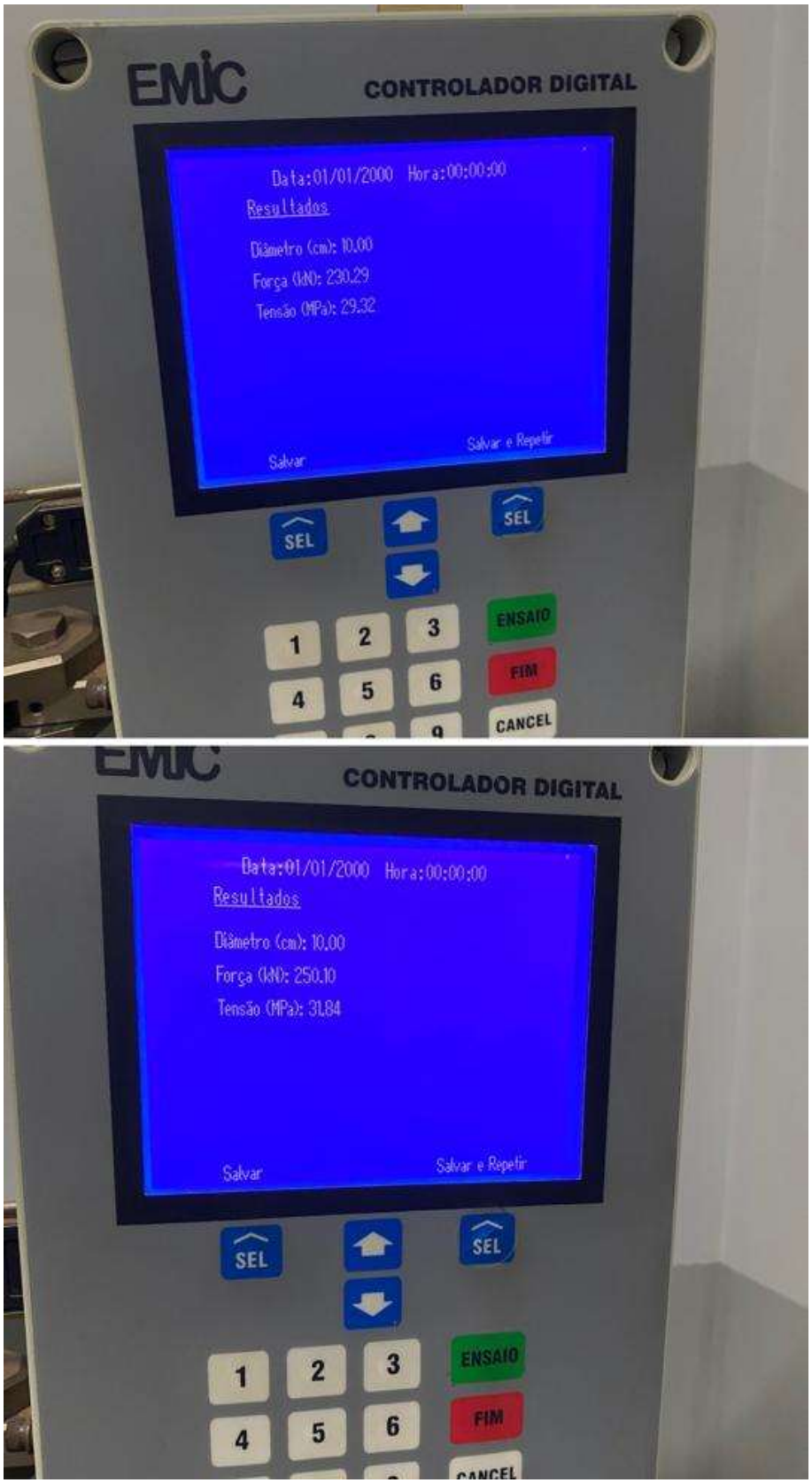

EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 23,52
Tensão (MPa): 29,48
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
0
.
←
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 227,78
Tensão (MPa): 29,00
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 164,37
Tensão (MPa): 20,93
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
.
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 187,68
Tensão (MPa): 23,90
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 167,28
Tensão (MPa): 21,30
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 230.29
Tensão (MPa): 29.32
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
ENSAIO
FIM
CANCEL
EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 250.10
Tensão (MPa): 31.84
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 157,81
Tensão (MPa): 20,09
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 153,25
Tensão (MPa): 19,51
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 187.57
Tensão (MPa): 23.88
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA
EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 183.51
Tensão (MPa): 23.37
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
9
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 266,75
Tensão (MPa): 33,96
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
ENSAIO


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 263,75
Tensão (MPa): 33,58
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
9
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 254,94
Tensão (MPa): 32,46
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 269,70
Tensão (MPa): 34,34
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
0
.
←
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 220.29
Tensão (MPa): 28.05
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 208.82
Tensão (MPa): 26.59
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
9
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 188,81
Tensão (MPa): 24,04
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
0
.
←
ENTRA
EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 183,14
Tensão (MPa): 23,32
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
0
.
←
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 180.23
Tensão (MPa): 22.95
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Resultados
Salvar
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM
7
8
9
CANCEL
0
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 279.14
Tensão (MPa): 35.54
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 279.90
Tensão (MPa): 35.64
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 198.75
Tensão (MPa): 25.31
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
4
5
6
FIM


Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 206.08
Tensão (MPa): 26.24
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 194.48
Tensão (MPa): 24.76
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
ENSAIO
FIM


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10.00
Força (kN): 293.52
Tensão (MPa): 37.37
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
ENSAIO
FIM


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 188,95
Tensão (MPa): 24,06
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 233,85
Tensão (MPa): 29,77
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 279,12
Tensão (MPa): 35,54
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
.
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:00/00/0000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 229,91
Tensão (MPa): 29,27
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
ENSAIO
FIM
CANCEL
ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 79,58
Tensão (MPa): 28,40
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1 2 3 ENSAIO
4 5 6 FIM
7 8 9 CANCEL
0 . ← ENTRA


EMIC
CONTROLADOR DIGITAL
Data:01/01/2000 Hora:00:00:00
Resultados
Diâmetro (cm): 10,00
Força (kN): 79,58
Tensão (MPa): 22,74
Salvar
Salvar e Repetir
SEL
SEL
1 2 3 ENSAIO
4 5 6 FIM
7 8 9 CANCEL
0 . ← ENTRA