

UNIVERSIDADE TIRADENTES
ENGENHARIA CIVIL

DAYVISON IGOR SILVA GARCIA
RANIEL PEDRO FERNANDES DA SILVA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO COM
A UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES E ACELERADORES DE
PEGA**

ARACAJU
2018

DAYVISON IGOR SILVA GARCIA
RANIEL PEDRO FERNANDES DA SILVA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO COM
A UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES E ACELERADORES DE
PEGA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Tiradentes como requisito parcial
para obtenção do título de Graduação em
Engenharia Civil, sob orientação da Professora
MSc. Andréa Quaranta Barbosa.

ARACAJU

2018

UNIVERSIDADE TIRADENTES

DAYVISON IGOR SILVA GARCIA
RANIEL PEDRO FERNANDES DA SILVA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO COM
A UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES E ACELERADORES DE
PEGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Tiradentes como pré-requisito
para conclusão do curso de Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

Prof^a, M.Sc. Andréa Quaranta Barbosa – Orientadora - Universidade Tiradentes – UNIT

Prof^a. Dra. Nayara Bezerra Carvalho – Banca examinadora - Universidade Tiradentes – UNIT

Prof. M.Sc. Robson Rabelo de Santana – Banca examinadora externa

AGRADECIMENTOS

Chegamos ao final dessa jornada com muita luta e árduo esforço, porém com o sentimento de dever cumprido, assim, não poderíamos deixar de expressar nosso mais sincero agradecimento àqueles que foram peças fundamentais para conclusão deste desafio.

A mestre e amiga, professora Andréa Quaranta Barbosa, por sua orientação competente, pelo apoio, o incentivo, pela paciência e as grandes contribuições ao longo desta pesquisa, além da atenção dispensadas a nós. Um exemplo de profissional.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Tiradentes, os “alicerces” da nossa vida profissional. Em especial a Dra. Nayara Bezerra, Dr. Emerson Figueiredo, Cláudio José Pinto, MSc. Luah Walsh e Dr. Anderson Sobral pelo conhecimento transmitido, as dúvidas esclarecidas e por estarem sempre dispostos a contribuir com nossa formação acadêmica.

A Paulo, pela sua eficiência frente a coordenação do curso e pela sua disponibilidade de sempre.

Aos nossos familiares, os grandes “professores” das nossas vidas, pelo estímulo e apoio incondicional, por torcer e confiar, os responsáveis pela nossa formação como pessoas.

Aos amigos que tivemos oportunidade de conhecer durante a graduação, com os quais a convivência deixará saudades.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que este trabalho de conclusão de curso se realizasse com êxito, o nosso sincero agradecimento.

Por fim, e acima de tudo, agradecemos a Deus pelo dom da vida e por nos capacitar e encorajar a enfrentar os desafios que surgiram, nos fazendo crescer a cada vitória.

RESUMO

Por apresentar características como a trabalhabilidade em seu estado fresco, resistência a compressão e durabilidade quando endurecido, o concreto ocupa ainda hoje o primeiro lugar entre os produtos mais utilizados na construção civil. Com a necessidade de melhorar cada vez mais as propriedades do concreto, utiliza-se comumente os aditivos, assim faz-se necessário verificar os efeitos dessas adições, logo este trabalho busca analisar o comportamento do concreto com a adição dos aditivos superplastificante e aceleradores de pega. Os materiais empregados na confecção dos concretos estudados foram: cimento Portland CP II-Z 32 RS, areia grossa quartzosa, brita 1 e aditivos superplastificante e acelerador de pega. Definiu-se um traço base, que posteriormente foi dividido em três grupos de amostras, sendo: concreto convencional, concreto dosado com superplastificante e concreto dosado com acelerador de pega, os traços foram avaliados em seu estado fresco através do slump test, através do ensaio de resistência a compressão com 7 e 28 dias de idade dos corpos de prova, e o teste de absorção realizado apenas no 28º dia de idade. Verificou-se que os aditivos experimentados conferiram ao concreto no estado fresco características diferentes, quanto a sua consistência, de até 44,68% em relação ao concreto convencional, assim como no estado endurecido onde notou-se variações na resistência a compressão do concreto de até 8,81% em relação ao concreto convencional.

Palavras-Chave: Concreto; Aditivo superplastificante; Aditivo acelerador de pega.

ABSTRACT

By showing characteristics such as workability in its fresh state, compressive strength and durability when hardened, concrete still occupies the first place among the most used products in civil construction. With the need to improve the properties of concrete, the additives are commonly used, so it is necessary to verify the effects of these additions, so this work seeks to analyze the behavior of the concrete with the addition of superplasticizer additives and handle accelerators . The materials used in the preparation of the concretes studied were: Portland cement CP II-Z 32 RS, coarse quartz sand, gravel 1 and additives superplasticizer and handle accelerator. A basic trait was defined, which was later divided into three groups of samples, being: conventional concrete, concrete dosed with superplasticizer and concrete dosed with handle accelerator, the traits were evaluated in their fresh state through the slump test, through the test of 7- and 28-day-old compression strength of the specimens, and the absorption test performed only at the 28th day of age. It was verified that the tested additives gave to the concrete in the fresh state different characteristics, as to their consistency, of up to 44.68% in relation to the conventional concrete, as well as in the hardened state where variations in the compressive strength of the concrete of up to 8.81% over conventional concrete.

Keywords: Concrete; Superplasticizer additive; Additive throttle accelerator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- (a) Amostra de areia e (b) agregado graúdo, utilizados nas misturas.....	13
Figura 2 - Ilustração de um copolímero de poliacrilato com R1 igual a H ou CH ₃ , R2 é um poliéter (ex.óxido de polietileno) e o X é um grupo polar (ex. CN) ou iônico (ex.SO ₃).....	23
Figura 3- (a) Potencial zeta de pastas de cimento com polímero acrílico (PA) e polímero sulfonado (N) em função da sua dosagem; (b) Adsorção de PA e N na superfície do cimento em função da dosagem destes polímeros; (c) Influência dos polímeros PA e N na fluidez....	24
Figura 4- Efeito de repulsão eletrostático.....	25
Figura 5- Repulsão estérica	25
Figura 6- Diagrama de energia para a reação de hidratação do CAC mostrando a queda na barreira de Energia(E) de ativação na presença de sais de lítio.....	29
Figura 7- Molde e haste de compactação para SlumpTest	32
Figura 8- Medida do abatimento	33
Figura 9- Influência da temperatura na evolução da resistência do concreto.....	35
Figura 10 - Materiais utilizados.....	37
Figura 11 – (A) Betoneira; (B) Balança; (C) Proveta graduada; (D) Colher de pedreiro.	37
Figura 12 - CP II-Z 32 RS	38
Figura 13 - Areia grossa	39
Figura 14 - Picnômetro	40
Figura 15 - Aditivo superplastificante.....	42
Figura 16 - Aditivo acelerador de pega	42
Figura 17 -Aparelhagem para o ensaio de abatimento do tronco de cone.....	45
Figura 18 - Molde para corpo de prova	46
Figura 19 - Equipamento de Retifica.....	47
Figura 20 - Prensa para ensaio de resistência a compressão	47
Figura 21 – Estufa para eliminação da umidade.....	49
Figura 22 – (a) Pesagem de 300g de areia; (b) Amostra na estufa.....	50
Figura 23 - Picnômetro para ensaio de massa específica	51
Figura 24 - Curva de Abrams	53
Figura 25 - Preenchimento do cone (a). Retirando o cone (b).	55
Figura 26 - Abatimento de cone para concreto convencional (a), concreto com superplastificante (b) e concreto com acelerador de pega (c).....	55
Figura 27 - Gráfico da resistência característica aos 07 dias.....	57

Figura 28 - Gráfico da resistência característica aos 28 dias.....	58
Figura 29 - Corpo de prova na estufa (a). Pesagem do corpo de prova (b).....	60
Figura 30 - Taxa de absorção média.....	60
Figura 31 - Altura de ascensão média de umidade	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da brita em relação a granulometria.....	14
Tabela 2 - Tipos de cimento Portland.....	16
Tabela 3 - Sustâncias químicas utilizadas como aceleradores de pega de cimento de aluminato de cálcio (CAC).....	28
Tabela 4 - Processo de adensamento	33
Tabela 5 - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto.....	43
Tabela 6 - Consumo de água	44
Tabela 7- Caracterização dos materiais	52
Tabela 8 - Traço.....	54
Tabela 9 - Traço final	54
Tabela 10 - Resultados do ensaio de resistência a compressão aos 07 dias	56
Tabela 11 - Resultados do ensaio de resistência a compressão aos 28 dias	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação dos aditivos	19
Quadro 2 - Classificação dos superplastificantes, quanto à composição química base	21
Quadro 3 - Classificação dos superplastificantes	22

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 CONCRETO.....	12
3.1.1 A ORIGEM DO CONCRETO.....	13
3.1.2 MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO.....	13
3.1.2.1 Agregados.....	13
3.1.2.2 Água para concreto.....	15
3.1.2.3 Cimento Portland.....	15
3.1.3 TRAÇO DO CONCRETO.....	17
3.2 ADITIVOS.....	18
3.2.1 SUPERPLASTIFICANTES.....	20
3.2.1.1 Definição.....	20
3.2.1.2 Tipos de aditivos superplastificantes.....	21
3.2.1.3 Interação físico-química.....	23
3.2.1.3.1 Interação física.....	23
3.2.1.3.2 Interação química.....	25
3.2.1.4 Método de dosagem.....	26
3.2.2 ACELERADORES DE PEGA.....	27
3.2.2.1 Definição.....	27
3.2.2.2 Interações físico-químicas.....	27
3.2.2.3 Dosagem / Cuidados.....	30
3.3 ENSAIOS.....	30
3.3.1 SLUMP TEST.....	31
3.3.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	34
3.3.3 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE.....	35
4 METODOLOGIA.....	37
4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	37
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	38
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	38
4.2.2 ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE DO CONCRETO.....	43
4.2.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.....	45
4.2.4 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE.....	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	50
5.2 ABATIMENTO DE TRONCO DE CONE.....	52
5.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.....	56
5.4 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE.....	59

6 CONCLUSÃO.....	63
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO I.....	70
ANEXO II	72

1 INTRODUÇÃO

Conforme afirma Rossignolo (2009), o concreto teve origem datada entre 509 a.C e 1453 d.C, desde então este vem sendo amplamente utilizado, de maneira que ainda hoje ocupa o primeiro lugar entre os produtos mais consumidos na construção civil, e sua utilização se difundiu devido suas principais características, que são a trabalhabilidade em seu estado fresco, resistência à compressão e durabilidade quando endurecido, de modo que tais características possibilitam a sua utilização nos mais diversos projetos, quer seja em obras de infraestrutura ou habitação (ABCP, 2018).

Conforme afirma Neville (2015), para que o concreto atenda as características desejadas é necessário que haja um dimensionamento adequado dos componentes que o compõe, de modo que possa atender as solicitações estipuladas em projeto. Apesar dessa flexibilização dos traços, em situações cada vez mais comuns e frequentes, se faz necessário a incorporação de aditivos para alcançar determinados parâmetros que dificilmente podem ser atingidos sem o uso destes, assim, proporcionando um melhoramento nas características primarias do concreto.

Dentre os aditivos mais utilizados destacam-se os redutores de água e os aceleradores de pega, estes por apresentarem percentuais de ganho bastante significativos quando empregados, os redutores de água por exemplo pode reduzir o consumo de volume de água de 20% a 40% na mistura do concreto, sendo esse último percentual referente ao aditivo superplastificante, já os aditivos aceleradores de pega permitem que o concreto alcance até 40% mais resistência nas primeiras idades, em relação ao concreto convencional (DALDEGAN, 2017).

Diante da forte tendência na otimização dos processos dentro da construção civil, os aditivos superplastificantes e aceleradores de pega acabam se destacando, o primeiro por sua alta capacidade de auto adensamento, possibilitando assim concretagens em estruturas com alta taxa de aço ou mais esbeltas, e o segundo por proporcionar liberações rápidas, permitindo o avanço antecipado de etapas (NAKAMURA, 2014).

Já que a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) não considera a utilização de aditivos em suas tabelas que possibilitam ajustes de um traço base, justifica-se então a necessidade de analisar o comportamento e características do concreto quando adicionado aditivos, afim de obter-se resultados das suas influências na mistura.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar algumas características do concreto na presença de aditivos superplastificantes e aceleradores de pega.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os materiais para moldagem dos corpos-de-prova;
- Verificar a consistência do concreto com adição de aditivos através do ensaio de abatimento do tronco de cone;
- Realizar ensaio de resistência à compressão e comparar tecnicamente os resultados obtidos, em relação a sua resistência à compressão;
- Realizar ensaio de absorção por capilaridade, de modo a determinar a taxa de absorção de água por capilaridade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCRETO

O concreto é um composto de cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo e água, podendo ou não ter adições ou aditivos químicos que alterem suas propriedades básicas. Mesmo não sendo tão resistente quanto o aço ele é o elemento mais utilizado em construções civis no Brasil, pois tem fácil execução, custo mais acessível e fácil disponibilização dos seus constituintes no mercado (COUTO *et al.*, 2013).

No endurecimento deste material construtivo, as suas moléculas se contraem, fazendo com que todos os espaços vazios sejam preenchidos, tornando-o resistente e também maleável antes desse endurecimento, o que possibilita a moldagem em tamanhos e formas variadas. O concreto é um material largamente difundido, encontrado em quase todo tipo de estrutura civil (LIMA, 2014).

Em 1940 no Brasil, foram criadas normas para procedimentos de execução, nomeadas de Normas Brasileiras Regulamentadoras, as NBR para o concreto, pode-se destacar a NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento; NBR 7191: Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado; a NBR 12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto; NBR 12655: Concreto - Preparo, controle e recebimento; NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação; NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento; NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações; NBR 6122: Forças devido ao vento em edificações - Procedimento; NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento; NBR 9607: Provas de carga em estruturas de concreto armado e protendido; NBR 11768: aditivos para concreto de cimento Portland (GONÇALVES, 2013).

A NBR 12655 (ABNT, 2015) afirma que a garantia do cumprimento das normas e o arquivamento de toda documentação que comprove a qualidade do concreto estrutural é do proprietário da obra e o responsável técnico designado por ele, qualidade esta que tem que ser definida antes do início da concretagem. Define ainda que o concreto pode ser preparado pelo construtor da obra, realizado na obra, ou por empresas de serviços de concretagem, onde o responsável em cumprir todas as etapas do preparo do concreto é da empresa de serviço de concretagem.

3.1.1 A origem do Concreto

Tempos atrás, os sistemas construtivos mais utilizados eram em alvenaria e em madeira, porém como a madeira mostrava problemas com a combustão e a durabilidade, foi a alvenaria em tijolos ou pedras que prevaleceram. De forma abrangente, a alvenaria é um sistema construtivo onde há a moldagem de unidades (blocos, tijolos ou pedras) ligadas a uma argamassa (CARVALHO, 2008).

De acordo com Rossignolo (2009), os primeiros sinais de aplicação do concreto foram no Império Romano entre os anos de 509 a.C e 1453 d.C, onde foram utilizados uma junção de cal e rochas vulcânicas.

Segundo Carvalho (2008), essa combinação de rochas e a cal foi nomeada pelos romanos de *concretus* ou *concretum* (composto solidificado, compacto). A utilização deste concreto foi como argamassa de assentamento, em estradas e nas alvenarias de pedra. O mesmo autor cita que ainda no Império Romano, o concreto foi melhorado com o uso de agregados leves, reforços com barras de metal e por fim o uso do cimento para construir estruturas mais robustas como pontes, aquedutos e drenos pluviais.

3.1.2 Materiais Constituintes do Concreto

3.1.2.1 Agregados

Os agregados são os materiais que constituem o concreto, de maior proporção no volume total do composto, sendo estes classificados em miúdo (Figura 1.a) e graúdo (Figura 1.b)(SALGADO, 2009).

Figura 1- (a) Amostra de areia e (b) agregado graúdo, utilizados nas misturas.



Fonte: Pompeu, 2011

A NBR 7211 (ABNT, 2009) define os atributos exigíveis para os agregados, de modo que o agregado miúdo tem grão que passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm sendo este classificado como areia, já o agregado graúdo tem grãos passante na peneira de malha quadrada com abertura de 152 mm e ficam reclusos na peneira ABNT 4,8 mm sendo estes classificados como pedregulho ou brita.

Para Bauer (2011), os agregados também podem ser classificados em leves, médio e pesados, de acordo com os pesos específicos aparentes de cada composto. Os que a massa específica menor que 1000 Kg/m^3 são considerados leves, os médios variam entre 1000 e 2000 Kg/m^3 e por fim os pesados tem massa específica maior que 2000 Kg/m^3 .

Afim de manter um padrão de qualidade para o concreto, os agregados têm que ser controlados em relação as suas características como: umidade, granulometria e absorção de água, pois estas características podem alterar diretamente as propriedades do concreto, assim como a compactação e o volume de vazios (GOMES E BARROS, 2009).

A ciência da compostura granulométrica do agregado é de fundamental importância para a correta dosagem do concreto, atuando diretamente no percentual de água adicionado na mistura, interferindo assim nas características que dizem a respeito da trabalhabilidade e resistência (SALGADO, 2009). Na Tabela 1 está disposta a classificação comercial das britas (agregado graúdo), suas dimensões e locais de possíveis utilização.

Tabela 1 - Classificação da brita em relação a granulometria

Classificação	Peneiras normalizadas
Brita 0	4,8 - 9,5 mm
Brita 1	9,5 - 19,0 mm
Brita 2	19,0 - 25,0 mm
Brita 3	25,0 - 38,0 mm
Brita 4	38,0 - 64,0 mm
Pedra de mão	> 76,0 mm

Fonte: Ribeiro, Pinto e Starling, 2011.

Mehta e Monteiro (2014) afirmam que o material mais utilizado como agregado graúdo no concreto é a brita. As britas juntamente com a areia, representam em torno de 70% da

composição total do concreto e tem grande importância no comportamento mecânico do concreto.

3.1.2.2 Água para concreto

A água que é adicionada ao concreto, tem que ser isenta de impurezas, pois estas podem alterar o comportamento e propriedades do concreto, afetando diretamente nas reações até o endurecimento (BAUER, 2011).

A NBR 15900 (ABNT, 2009) estabelece alguns parâmetros para a utilização da água no concreto, logo águas de fontes alternativas devem obedecer a alguns requisitos tanto físicos quanto químicos para que seja possível o seu uso na produção do concreto. A água potável já é considerada compatível com os requisitos da norma, caso contrário, há a necessidade de avaliações, visuais, químicas e físicas.

A fluidez do concreto depende da fração de água utilizada e da classificação granulométrica dos grãos de cimento. Esta relação é afamada de relação água/cimento, de modo que quanto mais fluido o material, maior será essa relação (HELENE; ANDRADE, 2007).

3.1.2.3 Cimento Portland

Apontado como o principal dentre os materiais de construção de estruturas, o desenvolvimento do concreto de cimento Portland se deu em 1824 com a patente do cimento Portland, obtida por Josph Aspdin (ROSSIGNOLO, 2009).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2018) afirma que o cimento Portland, depois da água, é o segundo material mais consumido do mundo, define ainda este como sendo um pó fino, que com a presença da água enrijece, logo na condição de concreto transfigura-se como uma pedra artificial.

O cimento é dado como um aglomerante hidráulico já que sob a presença de água, ele endurece e não se decompõe. Este material é obtido pelo tritramento do clínquer, material obtido a partir da calcinação do composto de argila, minério de ferro e calcário (BAUER, 2011).

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015) o calor de hidratação do cimento, o meio em que será instalado, as dimensões e suporte de carga da estrutura, os detalhes arquitetônicos e as condições de cura são algumas características a serem consideradas na hora de escolher a classe do cimento.

O mercado nacional desfruta de oito diferentes tipos de cimento, demonstrado na Tabela 2, no qual, se diferenciam conforme a fração do clínquer e sulfatos de cálcio, e do acréscimo de materiais no processo de moagem, como escória, pozolonas e material carbonático (ABCP, 2018).

Tabela 2 - Tipos de cimento Portland

Tipos de cimento Portland
CP I
CP II
CP III
CP IV
CP V
RS
BC
CPB

Fonte: Adaptado de ABCP (2018).

Segundo a NBR 5732 (ABNT, 1991), o CP I é o cimento comum, sem adição, indicado para construções que não solicitam condições especiais e não estão expostas a ambientes desfavoráveis. O CP I – S tem as mesmas características do CP I, porém com adição de material pozolânico, escória e material carbonático, deixando assim o cimento com menor permeabilidade.

Os cimentos da classe CP II se destinam a aplicações gerais e são considerados como compostos pois apresentam, além de sua formação básica, a adição de outros elementos. O CP II – E tem a adição de escória; CP II – Z adição de pozolana; e o CP II – F adição de filer (ABNT, 1991).

De acordo com a NBR 5735 (ABNT, 1991), o cimento do tipo CP III é composto de escória granulada de alto-forno, moída em conjunto ou em separado com o clínquer. Tal composição garante propriedades como baixo calor de hidratação, maior impermeabilidade e durabilidade, podendo ser aplicado em obras de alta agressividade.

O CP IV é o cimento Portland Pozolânico que contém a adição de pozolona em alto teor (de 15% a 50% em massa), conferindo-o uma alta impermeabilidade e maior resistência a compressão em relação ao cimento comum (ABNT, 1991).

Segundo a NBR 5733 (ABNT, 1991) o CP IV é o cimento Portland de alta resistência inicial. Este cimento, assim como o comum, não contém adições, o que difere é o processo de dosagem e produção do clínquer. É recomendado para obras em que se necessita a desforma

rápida de peças de concreto armado, pois este pode atingir os 26MPa, de resistência a compressão, em apenas um dia.

A NBR 5737 (ABNT, 1992) recomenda para meios agressivos sulfatados, como redes de esgoto e na água do mar, o cimento Portland resistente a sulfatos (RS) pode ser qualquer um dos tipos de cimento Portland, desde que apresentem algumas características:

- a) Teor de aluminato triclórico do clínquer seja no máximo de 8% e 5% em massa, respectivamente;
- b) CP II com o teor de escória granulada entre 60% e 70%;
- c) CP IV com teor de material polzolânico entre 25% e 40% e ou;
- d) Cimentos com que comprovem resistência aos sulfatos.

O cimento Portland de baixo calor de hidratação (BC) é caracterizado pela NBR 13116 (ABNT, 1994) por atender a condição de baixa liberação de calor durante sua hidratação, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor durante a hidratação do cimento.

O cimento Portland branco se diferencia pela sua coloração, podendo ser classificado por estrutural e não estrutural. A cor branca é obtida por matérias primas com baixo teor de óxido de ferro e manganês (ABNT, 1994).

3.1.3 Traço do Concreto

Para dimensionamento de traço do concreto é considerada as características dos materiais da sua composição levando em conta também os recursos disponíveis. O traço é a designação correta das proporções dos seus elementos constituintes para a fabricação tanto do concreto quanto da argamassa, podendo ser descrito como indicações para se obter um concreto com propriedades pré-definidas (FERNANDES, 2013).

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), o concreto tem que ser dosado para que a segregação no estado seco seja minimizada, tendo em vista as técnicas de transporte, mistura, lançamento e adensamento.

Todos os elementos do concreto devem ser misturados até que fiquem homogêneos, tal procedimento pode ser realizado em betoneiras estacionárias ou em caminhão-betoneira, sempre atendendo as especificações do fabricante quanto a capacidade de carga, tempo de mistura e velocidade (ABNT, 2015).

Para Petrucci (1978), um traço de concreto tem que levar como referência a quantidade de cimento para que se possa relacionar com as demais quantidades. Essa indicação pode ser

em peso ou volume, a depender do material, porém normalmente essa indicação se dar de forma mista. Estabelece ainda que o traço pode ser expressado na Equação 1.

$$1:\alpha:\rho:x \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

α – Peso do agregado miúdo por kg de cimento;

ρ – Peso do agregado graúdo por Kg de cimento;

x – Peso da água por Kg de cimento.

3.2 ADITIVOS

Os aditivos são componentes que tem utilização datada desde o início da utilização do cimento, e segundo Coutinho (1997 *apud* HARTMANN, 2002) os incas e os romanos já utilizavam clara de ovos e sangue em suas obras, substâncias estas que hoje chamaríamos de aditivos.

A NBR 11768 (ABNT, 2011) determina os aditivos como produtos que são adicionados durante a fabricação do concreto numa quantidade não superior a 5% da massa do cimento Portland, modificando assim algumas de suas propriedades, no estado fresco ou endurecido, visando melhor adequá-los as condições de utilização.

Os aditivos são classificados de acordo com sua principal função, esta é fundamentada pela NBR 11768 (ABNT, 2011), e relacionada segundo o Quadro 1.

Quadro 1- Classificação dos aditivos

Classificação do aditivo	Propriedades
Aditivo plastificante (P)	Modifica a consistência do concreto fresco, reduz a quantidade de água de amassamento ou ainda, sem alterar a quantidade de água, aumenta a fluidez e o abatimento.
Aditivo superplastificante tipo I (SPI)	Tem elevada capacidade de redução de água sem modificar na consistência do concreto, ou ainda, sem alterar a quantidade de água, faculto ao concreto um aumentando considerável no abatimento e na fluidez.
Aditivo superplastificante tipo II (SPII)	Tem elevada capacidade de redução de água sem modificar na consistência do concreto (maior que SPI), ou ainda, sem alterar a quantidade de água, faculto ao concreto um aumentando considerável no abatimento e na fluidez (maior que SPI).
Aditivo Incorporador de Ar (IA)	Assim como já definido pelo nome, durante o amassamento incorpora o ar como pequenas bolhas distribuídas uniformemente, que se mantem durante o estado endurecido.
Aditivo acelerador de pega (AP)	Tem como principal função diminuir o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.
Aditivo acelerados de resistência (AR)	Eleva o ganho de resistência inicial do concreto, sendo capaz influenciar ou não no tempo de pega.
Aditivo retardador de pega (RP)	Tem como principal função aumentar o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido
Aditivo Polivalente	Combina efeitos de dois aditivos principais e um secundário e atribuem ao concreto suas características

Fonte: Adaptada da NBR 11769, 2011.

Segundo Neville e Brooks (2013), os aditivos redutores de água contêm agentes tensoativos que se correlacionam com as partículas de cimento de modo que fornece cargas negativas, repele as partículas e estabiliza a dispersão, além de impedir a aderência de bolhas ao cimento. Tal comportamento causa uma agitação nas partículas e como a água não sofre restrições, passa a lubrificar a mistura e aumentando assim a trabalhabilidade.

O mesmo autor ainda comenta que aditivos a base de ácido lignosulfônico ajudam na melhora da coesão, minimizando a perda de abatimento, e como ocorre um melhoramento na hidratação das partículas de cimento tem-se um ganho significativo de resistência inicial, e com a difusão das partículas de cimento pelo concreto é possível haver um aumento da resistência final deste.

O Manual de Aditivos do Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2015), define que, a aplicação de plastificante e superplastificante concede vantagens ao concreto, tais como o aumento da consistência do concreto sem acréscimo na quantidade de água, conferindo um ganho na fluidez do concreto, o aumento da resistência, já que para diminuir o consumo de água basta manter fixo o consumo de cimento e a consistência. Ainda caso seja necessário reduzir o consumo de cimento, basta apenas dosar o aditivo de modo a reduzir a relação a/c sem que haja alteração da consistência.

Os aditivos redutores de água podem além de influenciar positivamente nas taxas de hidratação do cimento, contribuir consideravelmente para o ganho de resistência inicial, e influenciar no ganho de resistência final (METHA E MONTEIRO,2014).

3.2.1 Superplastificantes

3.2.1.1 Definição

De acordo com Aïtcin(2000 *apud* Martins, 2005), o primeiro aditivo superplastificante utilizado foi patenteado nos anos 30, no Japão, momento em que se descobriu que moléculas do policondensado de formaldeído naftaleno sulfonados eram ótimos agentes dispersantes do cimento. Contudo, naquela época, tais compostos não despertavam muito interesse, já que as resistências solicitadas eram baixas, de modo que era possível harmonizar a trabalhabilidade com água.

Além disso, segundo o mesmo autor, o custo do cimento era relativamente baixo, logo não havia necessidade imediata da redução do seu consumo no concreto, quando feito uma

avaliação econômica. Nos anos posteriores, a indústria do concreto se contentou com os benefícios limitados dos aditivos plastificantes, como os lignossulfonatos.

A diminuição da relação água/cimento resulta num concreto resistente e de alta durabilidade, conseqüentemente de baixa porosidade, porém, com essa diminuição há uma perda na trabalhabilidade. Com a adição dos aditivos superplastificantes, é possível diminuir consideravelmente a volume de água necessária para a obtenção da trabalhabilidade pretendida e, conseqüentemente, a porosidade, melhorando a resistência e durabilidade do concreto (FLATT. *et al*, 2003).

3.2.1.2 Tipos de aditivos superplastificantes

Existem diversas classificações para os superplastificantes, e agrupa os superplastificantes em três categorias segundo o respectivo composto químico base descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos superplastificantes, quanto à composição química base

Categoria	Composto base
1	Lenhossulfonatos modificados (“modified lignosulfonates”, MLS) podendo ser de cálcio (CLS) ou de sódio (NLS)
2	Polímeros sintéticos sulfonatados: policondensado de sulfonato de melamina e formaldeído (sulphonated melamine-formaldehyde condensates, SMF) também denominado por poli(melaminossulfonato) (PMS)
3	Policondensado de ácido naftaleno-2-sulfônico e formaldeído (naphthalene-sulphonate-formaldehyde condensates, SNF) também denominado por poli(naftalenossulfonato) (PNS)

Fonte: Adaptada de CATARINO, 2012.

Os superplastificantes dispõem de propriedades retardadoras fracas e Polímeros poliacrilatos: policarboxilatos com grupos de diferentes terminais (e.g. ésteres, poli(étercarboxilato)-PC); copolímeros (e.g. copolímero de ácido acrílico carboxílico com ésteracrílico, CAE); poliacrilatos reticulados (e.g. reticulado de polímero acrílico CLAP). Estes também dispõem de propriedades retardadoras fracas (RAMACHANDRAN *et al.*, 1998; COLLEPARDI *et al.*, 1999; AZEVEDO, 2002; NEVILLE, 1995; COLLEPARDI E VALENTE, 2006 *apud* CATARINO, 2012).

Também existe uma classificação dos superplastificantes que se dividem em quatro famílias: os lenhossulfonatos, os polímeros sintéticos sulfonatados, os polímeros sintéticos carboxilatados e polímeros sintéticos com outros grupos funcionais, tais como os fosfonatos, os fosfatos ou os sulfatos (Quadro 3) (AİTCIN 2004 *apud* CATARINO, 2012).

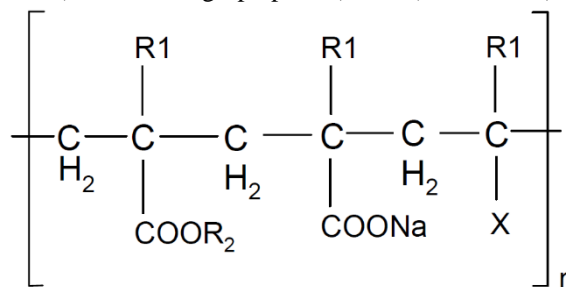
Quadro 3 - Classificação dos superplastificantes

Classificação	Definição
Lenhossulfonatos	Macromoléculas sulfonatadas resultantes da decomposição de parte da lenhina por hidrogenosulfito de cálcio. A lenhina é sulfonatada e transformada numa solução aquosa. Subdivisões para se obter o enriquecimento de grandes moléculas tem a tendência de aumentar a eficiência do lenhossulfonato como um dispersante do cimento em água reduzindo o efeito de retardamento.
Polímeros sintéticos sulfonatados	Esses plastificantes são polímeros sintetizados com grupos sulfonatados. Os ácidos sulfônicos são neutralizados com dissociações eletrolíticas de sódio ou de cálcio. Os SNF são feitos através da policondensação do naftaleno sulfonato com formaldeído.
Polímeros policarboxilatos	Estes plastificantes da nova geração são essencialmente cadeias poliacrílicas (PA) obtidas através da polimerização de radicais livres de diferentes monómeros de vinilo. Esta cadeia pode variar largamente na sua composição dependendo da escolha dos monómeros (Figura 2).

Fonte: Adaptada de AİTCIN 2004 *apud* CATARINO, 2012

Os superplastificantes citados acima dividem-se ainda em duas sub-classes: 2ª geração que engloba os aditivos constituídos de polímeros sintéticos sulfanados e a 3ª classe são os policarboxilatos (NEVILLE, 2015).

Figura 2 - Ilustração de um copolímero de poliácrlato com R1 igual a H ou CH₃, R2 é um poliéter (ex.óxido de polietileno) e o X é um grupo polar (ex. CN) ou iônico (ex.SO₃)



Fonte: Ramachandran 1998 *apud* CATARINO,2012.

Para obtenção de variados grupos de produtos com propriedades físico-químicas distintas basta variar a natureza e proporções relativas de diferentes monómeros no copolímero.

3.2.1.3 Interação físico-química

Para Erdogdu (2000), as interações dos aditivos superplastificantes com os compostos cimentícios podem ocorrer de forma física ou química, de modo que as interações físicas podem ser compreendidas como as interações que podem ser notadas em qualquer mistura aquosa de materiais parcialmente inertes como o SiO₂, CaCO₃, etc. Tais interações incluem adsorção física, repulsão eletrostática, repulsão estérica entre outras. Se tratando das interações químicas podem ser entendidas como aquelas que dependem da natureza reativa das partículas de cimento, estas envolvem adsorção preferencial, adsorção química e reações químicas que formam novas fases hidratadas.

3.2.1.3.1 Interação física

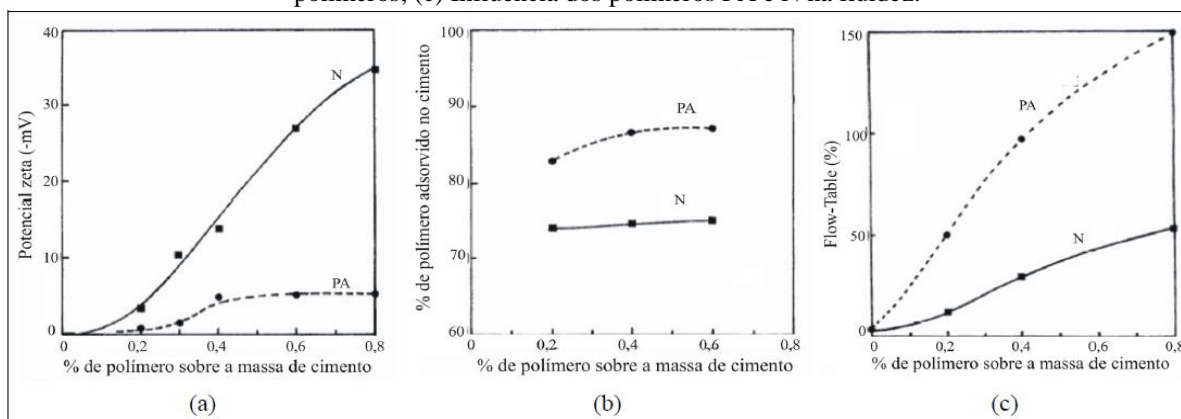
A dispersão dos superplastificantes podem ser provenientes basicamente de dois efeitos: repulsão eletrostática e repulsão estérica.

Os superplastificantes sulfonados, como naftaleno, melamina e lignossulfonato modificado, propiciam a dispersão e a defloculação das partículas de cimento pelo mesmo efeito de repulsão eletrostática descrito para os plastificantes (COLLEPARDI, 2003 *apud* MARTINS, 2005).

Martins (2005) *apud* (COLLEPARDI, et al, 1993; COLLEPARDI, 1994; UCHIKAWA, 1995; TANAKA, 1996) completa que os aditivos superplastificantes à base de polímeros acrílicos não necessariamente melhoram a fluidez da mistura pelo efeito de repulsão eletrostática o autor cita que, embora este tenha um menor de repulsão eletrostática (Figura 3.a),

a absorvimento das moléculas de polímero acrílico é ainda maior que as moléculas de naftaleno (Figura 3.b). A Figura 3.c mostra os resultados de ensaio onde é possível observar as diferenças como percentuais de uma argamassa de referência sem a utilização de aditivo, para argamassas com naftaleno e um polímero acrílico. Verifica-se que, para dosagens iguais, a fluidez obtida pelo segundo aditivo é consideravelmente maior que a promovida pelo primeiro. É possível concluir que, a adsorção do polímero, no caso dos aditivos à base de polímero acrílico o decorre principalmente por si só na dispersão dos grandes aglomerados de partículas de cimento e não apenas por repulsão eletrostática (JOLICOEUR C.*et al*, 2003).

Figura 3- (a) Potencial zeta de pastas de cimento com polímero acrílico (PA) e polímero sulfonado (N) em função da sua dosagem; (b) Adsorção de PA e N na superfície do cimento em função da dosagem destes polímeros; (c) Influência dos polímeros PA e N na fluidez.



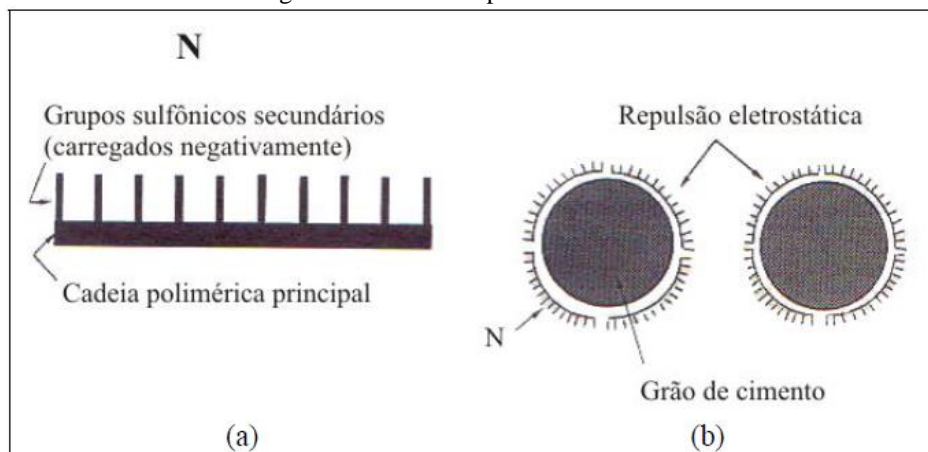
Fonte: COLLEPARDI, M., 1993 *apud* Martins, 2005.

O efeito notado é chamado de barreira estérica, este é produzido pela presença de ramificações longas de cadeias poliméricas, que se adsorvem na parte superficial de partículas cimentícias, desta forma impedindo que se aglomerem (MARTINS, 2005).

Para Uchikawa, Hanehara, Sawaki e Onoda (1997) a repulsão estérica representa a força mais importante que contribui para a fluidez da pasta de cimento, se tratando de polímeros acrílicos, e que sua extensão está relacionada diretamente à estrutura molecular do aditivo.

A Figura 4 ilustra de maneira esquemática o efeito de repulsão eletrostática (a) e um polímero sulfonado (b).

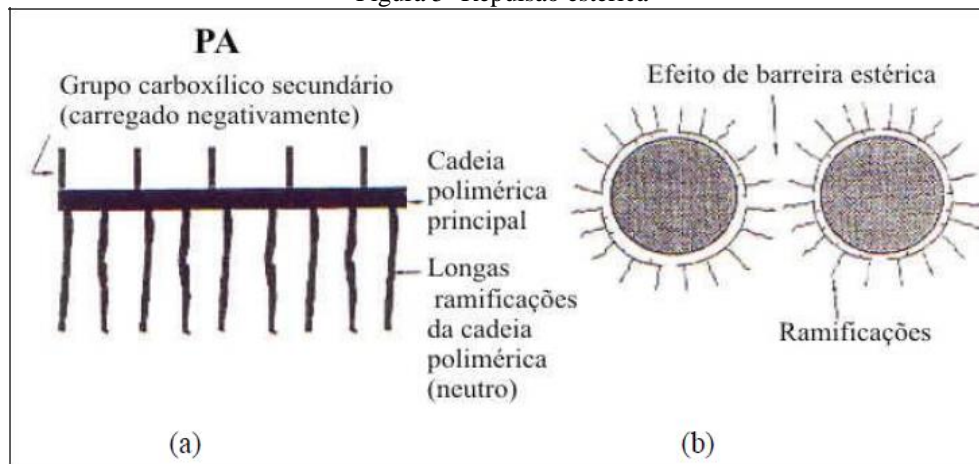
Figura 4- Efeito de repulsão eletrostático



Fonte: COLLEPARDI, M., 2003.

A Figura 5 evidencia o efeito de repulsão estérica (a) e um polímero acrílico (b).

Figura 5- Repulsão estérica



Fonte: COLLEPARDI, M., 2003.

3.2.1.3.2 Interação química

As inúmeras fases minerais do cimento estão associadas à alta reatividade, o uso de aditivos pode participar ou interferir com distintos fenômenos químicos, como alterações na composição de hidratos formados e da solução aquosa (VIEIRA, 2010).

Janowska-Renkas (2013) explica que as reações em superfícies específicas podem ocorrer primeiramente em partes mais reativas da partícula de cimento. As moléculas de superplastificante são preferencialmente fixadas pela fase intersticial (C_2S e C_4AF), apesar de que possam também ser adsorvidas pelo C_3S e C_2S em proporções menores. Sabe-se que o primeiro composto do cimento a se hidratar é o C_3A , sua reação pode ser controlada pela adição

de sulfato de cálcio. Desta forma, os superplastificantes sulfonados irão competir com os íons SO_4^{-2} na hidratação do C_3A .

Para obtenção da fluidez esperada, bem como sua manutenção, é importante que parte dos íons não seja integrada, isto é, continue livre na solução intersticial da pasta de cimento. Caso ocorra a fixação completa do aditivo, significa que o sulfato de cálcio adicionado ao cimento não libera íons sulfato com velocidade suficiente para reagir com o C_3A . Essa ocorrência demonstra a influência do superplastificante na taxa de hidratação do cimento nos primeiros estágios do processo (AÏTCIN, 2000).

Uma outra interação é a formação de íons complexos que ocorre entre o superplastificante e o íon Ca_2+ que resulta numa redução da concentração de Ca_2+ na solução. Desta forma, há um impedimento da nucleação homogênea, precisando de maiores níveis de saturação da fase em solução antes que os produtos de hidratação iniciem o processo de precipitação, o que contribui para o retardamento da pega e, conseqüentemente, para a conservação da fluidez. A partir do momento em que os núcleos formados chegam a atingir o tamanho crítico para formação dos hidratos as moléculas poliméricas de superplastificantes podem ainda alterar a taxa de crescimento e a morfologia dos produtos (JOLICOEUR e SIMARD, 1998 *apud* PEREIRA P. *et al*, 2012).

3.2.1.4 Método de dosagem

O método de adição do aditivo ideal seria numa central de concreto, para obtenção de uma mistura ideal no que diz respeito a proporções, homogeneidade e temperatura. Adicionar moléculas poliméricas de naftaleno e de melamina simultaneamente com a água causa uma elevada incorporação das moléculas poliméricas no sistema C_3A -gesso, restando pouca quantidade de polímeros para a dispersão do C_3S e do C_2S . Por outro lado, se a adição for feita com um pouco de atraso, a absorção das moléculas de água ocorre rapidamente pelas partículas reativas de cimento e a capa hidratada destes elementos é formada com antecedência, desta forma, o C_3S e o C_2S podem adsorver moléculas de superplastificante numa quantidade suficiente para garantir sua dispersão (FLATT e HOUST, 2001).

Conforme Aiad (2003 *apud* MARTINS, 2005), o tempo ideal a adição do naftaleno e da melamina deve necessariamente estar no período inicial da dormência. Estudos realizados por Uchikawa, Sawaki e Hanehara (1995) constataram que com apenas 30 segundos de atraso na adição do aditivo obtém-se bons resultados, principalmente, no caso do naftaleno. O mesmo

autor, recomenda ainda um atraso de 10 a 15 minutos, deste modo observa-se melhoras nas propriedades reológicas de pastas de cimento por períodos de tempo de até duas horas.

3.2.2 Aceleradores de pega

3.2.2.1 Definição

Segundo Vargas (2002), o principal objetivo dos aditivos aceleradores de pega é acelerar as reações de hidratação, de modo que proporciona a desforma das peças num espaço de tempo menor. Os aditivos aceleradores de pega em geral afetam ou modificam as reações de hidratação do cimento, atuando de uma maneira singular na hidratação do cimento e na hidratação das fases à base de aluminatos. A eficiência e as dosagens desse aditivo podem variar de acordo com a natureza do cimento (GUERREIRO, 2007).

Os aceleradores de pega são compostos inorgânicos ou orgânicos solúveis em água. Fluoretos, carbonatos, silicatos, fluorsilicatos, aluminatos, boratos, nitratos, nitritos e sais de elementos alcalinos ou alcalinos-terrosos à base de cloretos, fazem parte dos compostos inorgânicos. Na classe dos compostos orgânicos destaca-se a trietanolamina (MARTIN, 2005). O autor complementa que ambos os compostos atuam na cinética das reações de hidratação do cimento, sendo que o orgânico atua também na composição e morfologia das fases hidratadas do cimento.

Mehta (2014) completa que, a atuação do aditivo acelerador de pega consiste em promover a dissolução dos cátions e ânions do cimento, em especial daqueles com velocidade de dissolução inicial menor. Seu principal mecanismo de ação é agir beneficiando e alterando os produtos da hidratação do C3A, C4AF e C3S.

3.2.2.2 Interações físico-químicas

De modo geral, esses aditivos atuam na alteração do processo de precipitação dos hidratos, diminuindo significativamente o tempo necessário à nucleação que, quando ocorre com mais facilidade, possibilita que a precipitação ocorra assim que o estado de saturação da solução seja atingido.

A Tabela 3 apresenta alguns compostos químicos que funcionam como aditivos aceleradores do processo de hidratação do cimento, dentre estes compostos químicos, os sais de lítio são os mais utilizados. Dessa forma maior interesse nesse composto como aditivo

acelerador se deva ao fato de sua alta eficiência, já que com teores da ordem de apenas 0,01 % obtém-se grande influência no processo de endurecimento do CAC, quando comparado com as demais compostos nas mesmas proporções (NEVILLE, 2015).

Tabela 3 - Sustâncias químicas utilizadas como aceleradores de pega de cimento de aluminato de cálcio (CAC).

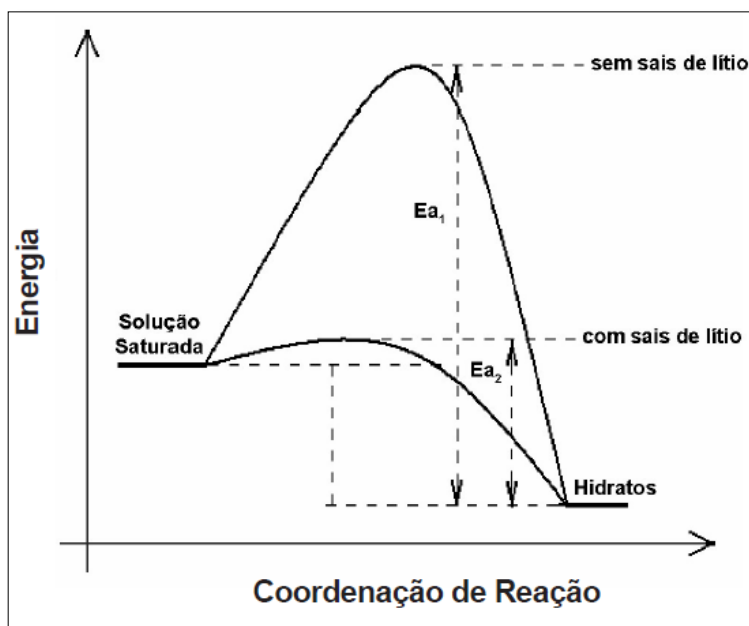
GRUPOS QUÍMICOS	EXEMPLOS DE COMPOSTOS
Sais de lítio	Li_2CO , LiOH
Silicatos	Na_2SiO_3
Sais de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
Compostos alcalinos	NaOH , trietanolamina

Fonte: Adaptado de GARCIA *et al*, 2007.

Segundo Garcia *et al*, 2007 o comportamento dos sais de lítio na reação de hidratação do CAC ocorre de duas maneiras: na primeira esse composto aumenta a relação C/A, o que favorece a formação de hidratos menos solúveis. Isto acontece porque a presença de Li^+ em solução pode favorecer a formação de compostos insolúveis do tipo $\text{LiAl}(\text{OH})_4$, assim, retirando mais íons $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ da solução. Apenas por este caminho estes compostos já poderiam ter sua ação como aceleradores explicada, contudo devido às quantidades necessárias para sua ação serem muito pequenas, é necessário que outro mecanismo esteja atuando.

Este outro mecanismo expressa-se na formação de pequenos cristais de $\text{LiAl}(\text{OH})_4$, que tem uma precipitação mais rápida que os hidratos de aluminato de cálcio e possui a estrutura cristalina necessária para ser utilizada como germes para nucleação do hidrato C_2AH_8 . Isto faz com que a barreira de energia essencial à nucleação desse hidrato passe a não mais existir, como esquematizado na Figura 6. Por este motivo, na presença de sais de Li este hidrato é majoritariamente formado (GARCIA *et al*, 2007).

Figura 6- Diagrama de energia para a reação de hidratação do CAC mostrando a queda na barreira de Energia(E)a de ativação na presença de sais de lítio.



Fonte: Garcia *et al*, 2007

A atuação dos silicatos pode ser entendida admitindo que esses ânions podem formar compostos chamados de alumínio-silicatos que, no geral, são compostos insolúveis. Como é possível observar no caso dos sais de lítio esse comportamento tem como consequência o aumento imediato da razão C/A para valores maiores que 1, pois a produção dos alumínio-silicatos envolve a retirada de íons $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ da solução (NEVILLE, 2015).

No caso dos compostos que liberam Ca^{2+} em solução como por exemplo, os sais de cálcio, como era de se esperar, também atuam como aceleradores aumentando a relação C/A. Dessa forma, tais compostos equilibram a formação do hidrato menos solúvel C_2AH_8 , que nessas condições, são capazes de nuclear de forma mais rápida uma vez vencida a barreira de energia de ativação. É importante salientar que diferentemente dos sais de lítio o efeito acelerador desses compostos (sais de cálcio) é observado pela adição de quantidades bem maiores, em torno de 1% a 2% em massa (KOPANDA *et al*, 1990 apud GARCIA *et al*, 2007).

A atuação dos compostos alcalinos como aceleradores ocorre de forma inversa a ação dos ácidos (que atuam como retardadores). Entende-se que os ácidos impedem o desenvolvimento dos cristais de hidrato, assim reagindo com os grupos hidroxilas que, por sua vez são responsáveis pela ligação entre as moléculas dos hidratos de aluminato de cálcio. Já no caso da presença de grupos alcalinos (que liberam OH^- em solução) disponibilizam grande quantidade desses grupos, o que por sua vez amplia as possibilidades de ligação entre as moléculas dos hidratos de aluminato de cálcio, possibilitando o aumento da velocidade de

nucleação e o crescimento dos cristais dos hidratos (KOPANDA *et al*, 1990 apud GARCIA *et al*, 2007).

Assim como no caso dos aditivos retardadores contendo o íon cloreto, o efeito de compostos contendo sulfato não é bem entendido. Entende-se que isto se deva a uma mudança no diagrama de solubilidade dos hidratos formados, que é causada pela introdução do íon SO_4^{2-} na estrutura cristalina do hidrato de aluminato de cálcio. Considera-se que esta hipótese é suportada por duas observações: a primeira pelo fato do efeito acelerador desses compostos ser percebido apenas com a adição de grandes quantidades (1-5% em massa) a segunda hipótese seria que a constatação do efeito acelerador pode ser revertido para retardador dependendo da estrutura cristalina do composto (SORRENTINO *et al*, 1995 apud GARCIA *et al*, 2007).

3.2.2.3 Dosagem / Cuidados

Em todos os casos, quanto maior for o consumo de cimento do traço, maior será eficiência do acelerador. Menores consumos de água também induzem a uma pega mais rápida. Adequados para serem empregados com CP I, CP II e CP V, os aceleradores, principalmente àqueles a base de cloreto exige uma cura bastante cuidadosa devido à intensidade do calor desenvolvido durante a hidratação do cimento. Deve-se observar que a presença de peças galvanizadas ou de alumínio, envolvidas no concreto aditivado e ligadas à sua armadura, também podem provocar um processo de corrosão devido à formação de pequenos circuitos elétricos (VEDACIT, 2005).

Segundo Garcia *et al.*, 2007, as dosagens variam de acordo com o composto utilizando, variando de 0,01% no caso dos sais de lítio a 5% para os compostos alcalinos, podendo ainda essas proporções serem alteradas de um fabricante para outro.

Leal (2003) adverte que, as dosagens devem ser criteriosamente acompanhadas, afim de evitar possível fissuração devido ao calor de hidratação, ou risco de corrosão de armaduras (cloreto) e, em alguns casos, redução da resistência a idades elevadas.

3.3 ENSAIOS

Para Araújo, Rodrigues e Freitas (2010) as características do concreto de cimento Portland necessitam ser apreciadas perante duas situações, sendo o concreto no estado endurecido, utilizando ensaios como o de resistência à compressão e absorção, e no estado fresco, utilizando ensaios como o Slump Test.

3.3.1 Slump Test

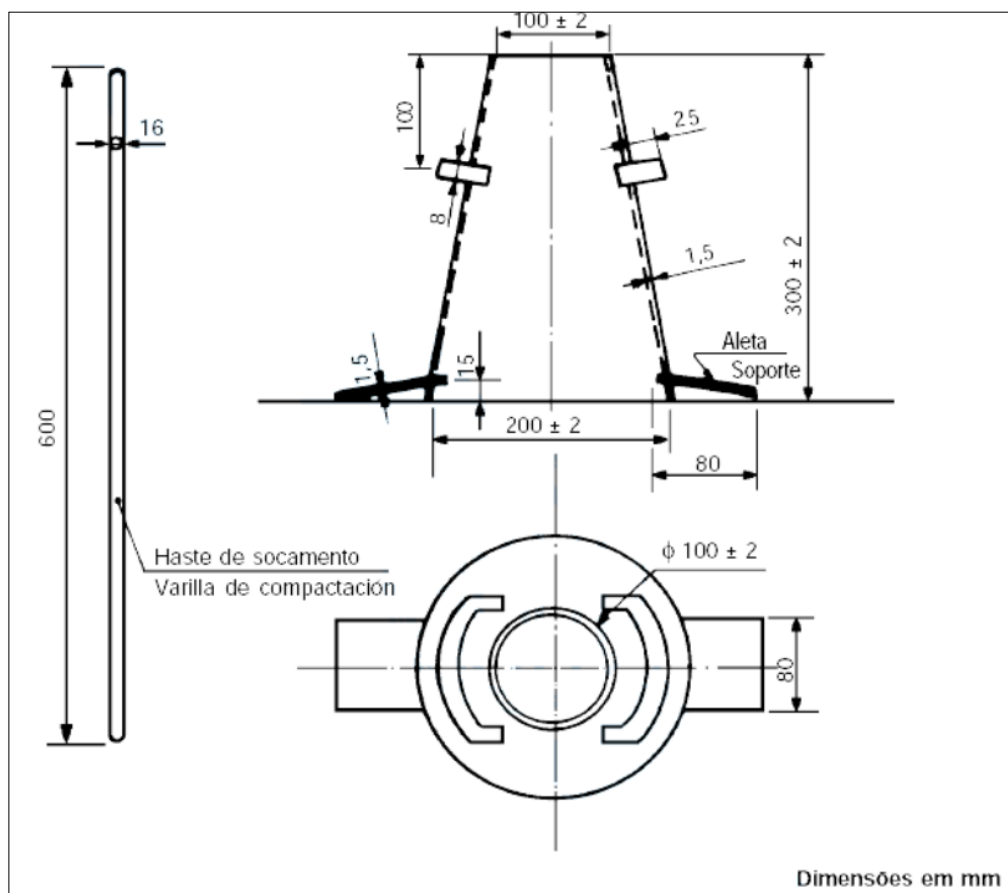
Helene e Andrade (2007) apontam que o procedimento básico para a análise da consistência do concreto fresco é o Slump Test ou como também conhecido, o ensaio de abatimento do tronco de cone, estabelecido pela NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998b).

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015) devem ser utilizados ensaios de consistência, em concreto preparado na obra, na primeira amassada do dia, sempre que interromper o preparo por pelo menos 2 horas, em troca de operadores, cada vez que forem moldados corpos de prova e sempre que ocorrerem variação na umidade dos agregados. Para concreto preparado em empresa de serviço de concretagem o ensaio tem que ser realizado a cada betonada.

Segundo a NBR NM 67 (ABNT, 1998b), esse procedimento determina a textura do concreto fresco através da medida de seu assentamento, podendo ser analisado em laboratório ou na obra. Este método é aplicável aos concretos plásticos e coesivos que tenham em sua composição agregados com dimensões máximas de 37,5 mm. Caso este requisito não seja atendido deve ser realizado o ensaio determinado pela NBR NM 36: Concreto fresco – Separação de agregados grandes por peneiramento (ABNT, 1998a).

Para a realização deste ensaio é necessários alguns materiais definidos em norma: Molde de metal para o corpo de prova (Figura 7), com forma de um tronco de cone oco, com diâmetro da base inferior de $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$; diâmetro da base superior de $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ e altura de $300 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Na parte superior deve conter duas alças conforme figura 4; Haste de compactação, com extremidades arredondadas, feita em aço, com diâmetro de 16 mm e comprimento de 600 mm; e uma placa de apoio a base que deve ser metálica e plana com lados de dimensão não menor que 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm (ABNT, 1998).

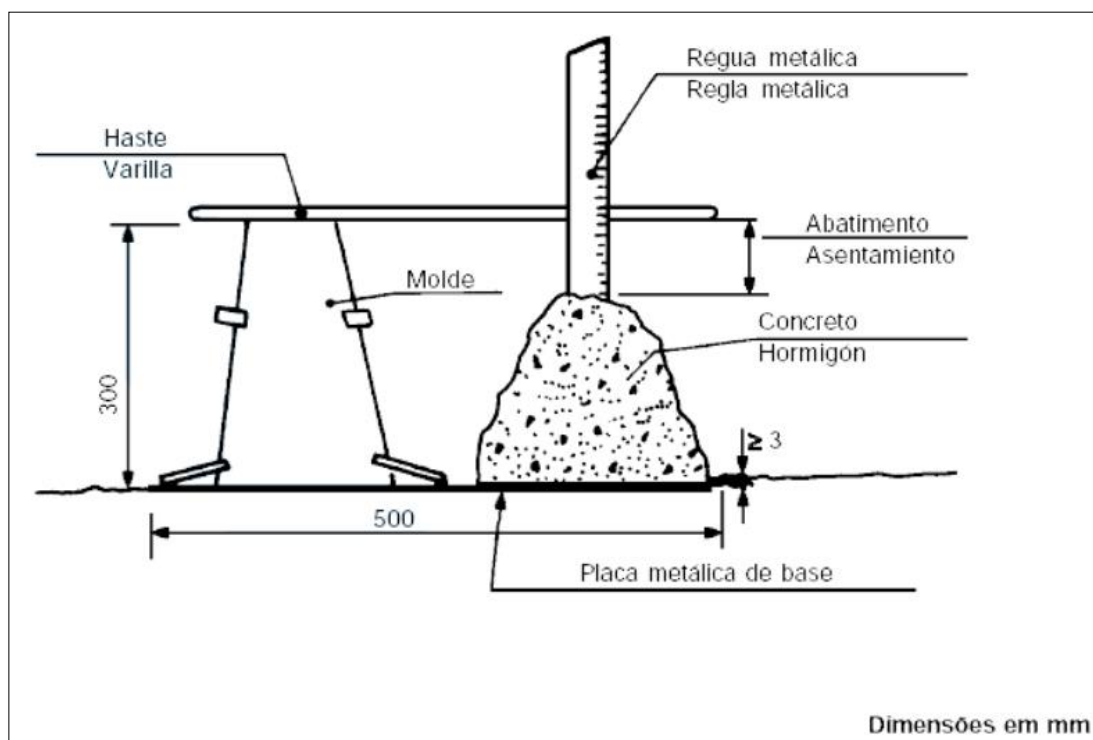
Figura 7- Molde e haste de compactação para SlumpTest



Fonte: NBR NM 67 - ABNT, 1998.

Ainda de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998b), o processo traduz-se em umedecer o molde e a placa de base, colocando o molde sobre a base. Para manter o sistema instável o operador deverá fixar seus pés sobre as aletas. Completar, de forma rápida, o molde com o concreto coletado, dividindo em três camadas com aproximadamente 1/3 da altura do molde. Cada camada deverá ser compactada com 25 golpes, utilizando a haste de compactação. Na última camada deve-se acumular o concreto sobre o molde e raspar para deixar o concreto rente a boca do molde. Retirar cuidadosamente e com velocidade constante o molde, sem submeter o material a torção lateral. Imediatamente após a retirada do molde, afere-se o abatimento do concreto, observando a diferença de altura do centro do corpo de prova e a altura do molde (expresso em mm) conforme a Figura 8.

Figura 8- Medida do abatimento



Fonte: NBR NM 67 - ABNT, 1998.

Apesar das deficiências, o Slump test ou ensaio de abatimento é um importante aspecto para concretos de Slump conhecidos, pois essa alteração do seu abatimento pode auxiliar em situações de alerta, no sentido de corrigi-lo.

Para Ribeiro, Pinto e Starling (2011), uma outra serventia para o teste de abatimento é saber qual o método de adensamento se utilizará. A Tabela 4 qualifica o processo de adensamento segundo o abatimento.

Tabela 4 - Processo de adensamento

Abatimento - mm	Processo de adensamento
Abatimento < 20	Vibração
20 < abatimento < 60	Manual ou vibração
Abatimento > 60	Manual

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Pinto e Starling, 2011.

Decorridas as propriedades do concreto no estado fresco, no próximo subcapítulo será discutido sobre propriedades de absorção do concreto no estado endurecido.

3.3.2 Resistência à compressão

A resistência à compressão do concreto é uma propriedade comumente determinada, já que relacionada com a maioria das propriedades, é a mais simples de ser verificada. Entretanto algumas propriedades estão diretamente ligadas com essa propriedade, como a impermeabilidade, estanqueidade e módulo de elasticidade, conseqüentemente podem ser inferidos dos dados de resistência. A resistência do concreto pode ser entendida como a capacidade de resistir a uma tensão definida sem o seu rompimento (METHA E MONTEIRO, 2014).

Neville (2015) afirma que, devido ao demorado ganho de resistência do concreto e a necessidade de mensurar sua resistência com o cimento já hidratado, foi definido uma idade de 28 dias para a alcance da resistência característica à compressão do concreto.

Para obter-se uma medida para a resistência do concreto é feito ensaios de rompimento de corpo-de-prova submetidos à compressão, onde todas as dimensões, tipo, formas de moldagem e tempo de cura seguem um padrão regido por normas (ISAIAS, 2005).

Em uma concretagem, o valor de resistência do concreto pode haver alterações, devido a várias variáveis, então há a necessidade de realizar vários ensaios para um mesmo lote. O valor característico, será um novo valor chamado de Resistência média do concreto, ou F_{cm} , valor este obtido por uma média aritmética das resistências de cada corpo de prova (PINHEIRO, 2007).

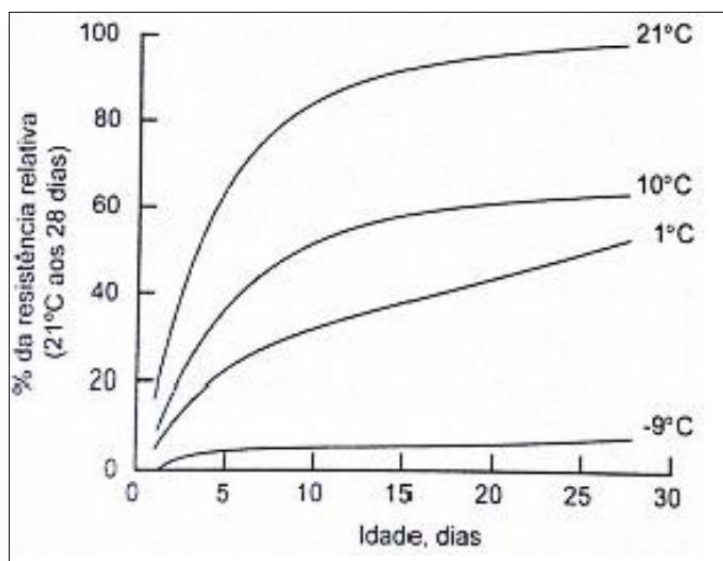
A NBR 5739 (ABNT, 2018) explana como a resistência a compressão do concreto é determinada, preconiza ensaios para corpos de prova cilíndricos de concreto. Fundamentalmente, o ensaio traduz-se em dispor um corpo de prova em uma prensa e aplicar uma carga a uma velocidade constante de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s e sem choques. O carregamento deve ser interrompido quando houver uma queda de força, o que indica que houve a ruptura do corpo de prova.

Em que, f_c é a resistência à compressão, expressa em Mpa, F é a força no instante da ruptura, expressa em N e D o diâmetro do corpo de prova, expressa em mm.

Segundo Li (2011) a escolha correta do agregado graúdo, definindo sua granulometria de acordo com o especificado no traço, minimiza os vazios no concreto, o que acarreta no aumento na resistência à compressão. A forma e a textura também geram influencia na resistência, já que agregados de forma esférica e superfície lisa resultam em menor resistência do que agregados de forma angular e superfície áspera.

A temperatura no momento do lançamento do concreto tem largo efeito em sua evolução da resistência, já que a evolução da resistência inicial é diminuída em baixas temperaturas, no tempo em que, em altas temperaturas há um aumento na resistência em idades iniciais (NEWMAN, 2003). A Figura 9 exhibe o impacto de diferentes temperaturas de cura na resistência do concreto.

Figura 9- Influência da temperatura na evolução da resistência do concreto.



Fonte: Mehta e Monteiro (2014).

Além da influência da temperatura na evolução da resistência, Neville (2015) afirma que para se alcançar uma cura apropriada, que garanta uma hidratação continuada do concreto, deve-se impedir a perda de umidade do concreto que deve ser no mínimo igual a 80%.

3.3.3 Absorção por capilaridade

A taxa de absorção de água por capilaridade é uma grandeza que está diretamente ligada a qualidade de um concreto e a sua durabilidade quando sujeito a locais com alta agressividade. Um valor de absorção baixo aponta que haverá uma maior dificuldade de os íons agressivos penetrar no concreto (METHA E MONTEIRO, 2014).

Para a obtenção dessa taxa de absorção por capilaridade é realizado o ensaio de absorção conforme procedimento da NBR 9779 (ABNT, 2012). Além da taxa de absorção, também é aferido a altura da ascensão capilar máxima interna deve ser expressa em centímetros, e a distribuição interna da água absorvida deve ser desenhada em relatório.

Mehta e Monteiro (2018) afirmam que a durabilidade do concreto está ligada à porosidade da sua estrutura. A permeabilidade do concreto à água, depende principalmente da

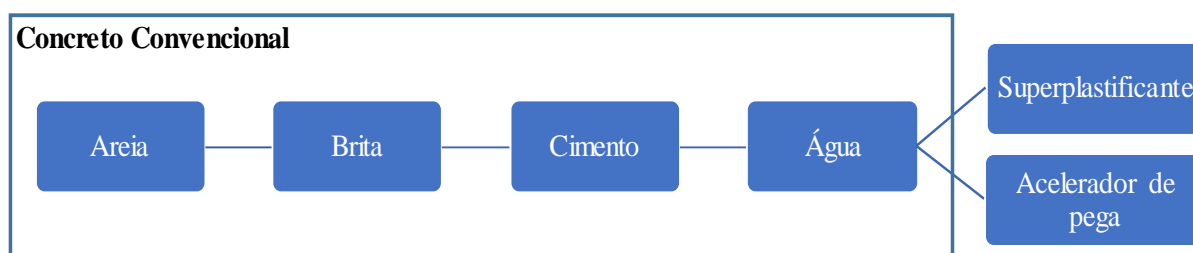
relação água/cimento, que está diretamente ligado aos espaços capilares, e da dimensão máxima do agregado, que influencia a espessura e as microfissuras na zona de transição entre agregado graúdo e pasta de cimento. É através da estrutura dos poros que os agentes agressivos do meio ambiente penetram e se difundem, causando assim patologias a estrutura, principalmente no concreto armado.

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

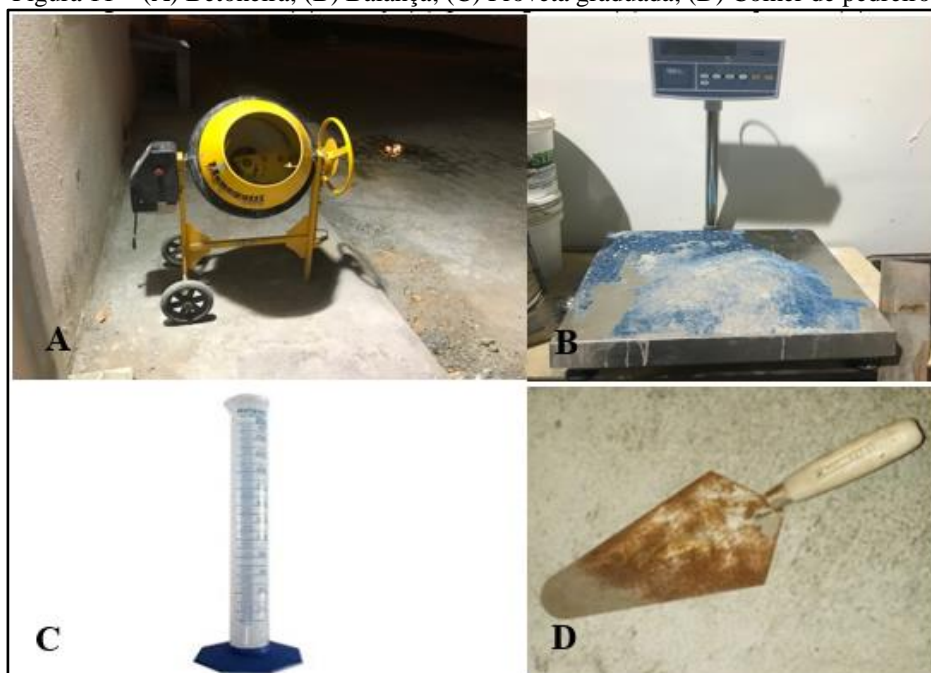
Para a produção do concreto, foram utilizados como materiais (Figura 10) a areia grossa (agregado miúdo), brita 1 (agregado graúdo), cimento Portland CP II-Z 32 RS (aglomerante) e aditivos com funções superplastificante e acelerador de pega.

Figura 10 - Materiais utilizados



Em seu preparo foi utilizada uma betoneira com capacidade para 120 litros (Figura 11 A) para a realização da mistura, uma balança com precisão de 0,1 gramas (Figura 11 B) uma proveta graduada (Figura 11 C) afim de aferir todo o material utilizado, uma pá, uma colher de pedreiro (Figura 11 D) e baldes com capacidade de 10 litros.

Figura 11 – (A) Betoneira; (B) Balança; (C) Proveta graduada; (D) Colher de pedreiro.



Antes da utilização, equipamentos e ferramentas foram verificadas quanto ao seu estado físico e funcionamento eletromecânico, para dirimir qualquer possibilidade de interrupção no preparo do traço.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1 Caracterização dos materiais

A caracterização foi feita no Centro Tecnológico de Engenharia e Arquitetura (CTEA), localizado na Universidade Tiradentes, campus Farolândia, na cidade de Aracaju estado de Sergipe.

Todo o material utilizado na moldagem foi armazenado longe de umidade e intemperes para que fosse proporcionado a conservação das propriedades iniciais e evitar uma possível contaminação, alterando a efetividade dos ensaios. Como aglomerante, foi utilizado o cimento Portland composto resistente a sulfato CP II-Z 32 RS (Figura 12), da empresa Votorantim Cimentos, que segue as especificações da NBR 5734/1992.

Figura 12 - CP II-Z 32 RS



Como agregado miúdo (Figura 13) foi utilizada a areia grossa e realizados ensaios de umidade e determinação de massa específica, para a caracterização do agregado, que de acordo com a NBR 7225/1993, de modo que sua dimensão nominal fica compreendida entre 0,2 mm a 1,2 mm. Portanto, através da utilização de peneiras, utilizou-se a areia passante na peneira 16 (1,18 mm) e retida na peneira 50 (0,297 mm), por disponibilidade do laboratório do CTEA.

Figura 13 - Areia grossa



Para determinação da umidade do agregado miúdo, foram separados 300 gramas do agregado e acondicionado em estufa para perder toda sua umidade, após 24 horas esse material foi pesado novamente obtendo assim o seu peso seco que através da Equação 2 e então foi obtido a percentagem de água no material.

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde,

- h: Teor de umidade (em percentagem);
- Ph: Peso do material úmido;
- Ps: Peso do material seco;

Para determinação da massa específica, relação do agregado seco e seu volume, do agregado miúdo, colocou-se 500g de agregado miúdo em um picnômetro (Figura 14) e registrou-se a massa do conjunto (m1).

Figura 14 - Picnômetro



Posteriormente foi inserido água no conjunto e foram realizadas movimentações circulares afim de eliminar as bolhas de ar e então completou-se com água até a marca de referência existente no picnômetro (Figura 12). O frasco foi a banho maria por aproximadamente 1h, para eliminação de todo ar no sistema, e após esse intervalo, completou-se com água até a marca de referência e determinada a massa total (m_2), assim aplicado a Equação 3.

$$d = \frac{m}{V - V_a} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde,

- d: Massa específica;
- m: Massa seca;
- V: Volume do sistema;
- V_a : Volume de água adicionada ao frasco.

Sendo que,

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde,

- m_1 : Massa do conjunto (frasco + agregado);
- m_2 : Massa total (frasco + agregado + água);
- ρ_a : Massa específica da água.

Para a caracterização do agregado graúdo (Figura 13), ou seja, da brita número 01 foram realizados ensaios de umidade, determinação de massa específica e determinação de massa unitária. Tal agregado tem sua dimensão nominal compreendida entre 9,5 mm a 19,0 mm, portanto, através da utilização de peneiras, utilizou-se o material passante na peneira 3/4'' (19 mm) e retida na peneira 3/8'' (9,5 mm).

A estipulação da umidade do agregado graúdo se deu pelo mesmo método do ensaio de estipulação da umidade do agregado miúdo. Logo, para obter a massa específica do material foi feita a lavagem da amostra e posteriormente a secagem em estufa para separar 300g da amostra. Essa amostra foi submergida em água, durante 24h e realizada a pesagem ainda submergida em água e assim aplicou-se a Equação 5 para obter a massa específica do material.

$$d = \frac{m}{m - m_a} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde,

- d: Massa específica;
- m: Massa ao ar da amostragem seca;
- m_a : Massa em água.

Para obter a massa unitária, o agregado graúdo foi pesado em recipiente com o volume conhecido, posteriormente aplicada a Equação 6.

$$\delta b = m_b / v \quad (\text{Equação 6})$$

Onde,

- δb : Massa unitária do agregado;
- m_b : Massa da brita;
- v: Volume do recipiente.

Para a produção dos concretos foi utilizada água proveniente da rede pública de abastecimento, que abastece o CTEA.

O aditivo superplastificante utilizado nas moldagens foi o Adiment da marca Vedacit (Figura 15) e foram seguidas as orientações do fabricante (Anexo I).

Figura 15 - Aditivo superplastificante.



Fonte: Vedacit, 2018.

Para a correta utilização o fabricante sugere para o uso como plastificante realizar primeiramente uma pré-mistura do cimento e dos agregados, adicionando cerca de 70% do volume de água a ser utilizado. Em seguida, adicionar o aditivo ao concreto, obedecendo à dosagem necessária (0,5% a 1,5% sobre a massa de cimento), e complementar com o restante da água.

O aditivo acelerador de pega utilizado nas moldagens foi da marca Vedacit (Figura 16), seguindo todas as recomendações do fabricante (Anexo II).

Figura 16 - Aditivo acelerador de pega



Tal aditivo tem densidade de 1,27 g/cm³, uma aparência líquida incolor e sua composição básica é de silicatos. O fabricante prever um consumo de 3% a 15% sobre a massa de cimento utilizado no concreto (VEDACIT, 2018).

4.2.2 Abatimento do tronco de cone do concreto

Para o presente estudo foram feitos 3 tipos de amostras, produzidas com concretos de cimento Portland sendo que, uma amostra de forma convencional, apenas com agregado miúdo, agregado graúdo, areia e cimento e, outras duas amostras com adição de aditivos distintos. A determinação do traço foi baseada no método ABCP, onde todo o quantitativo foi calculado a partir da caracterização dos materiais e da resistência do concreto solicitada, contudo foi possível determinar a quantidade de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água.

Segundo NBR 12655/2015, a resistência de dosagem tem que atender às situações de variabilidade prevalentes durante a construção. Esta variabilidade medida pelo desvio-padrão, sd , é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, conforme a Equação 07.

$$f_{cmj} = f_{ckj} + 1,65 \times sd \quad (\text{Equação 07})$$

Onde: f_{cmj} é a resistência média do concreto à compressão (MPa), para a idade de j dias; f_{ckj} é a resistência característica do concreto à compressão (MPa), aos j dias; sd o desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto (Tabela 5), expresso em megapascals (MPa).

Tabela 5 - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condições de preparo do concreto	Desvio Padrão
A (o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;)	4
B (o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume)	5,5
C (o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados da determinação da consistência do concreto)	7

Fonte: Adaptador da NBR 12655 (2015)

O principal fator a ser determinado para a correta dosagem do concreto é o fator água / cimento, logo foi utilizada a curva de Abrams, a qual relaciona a resistência a compressão do

concreto solicitada aos 28 dias (MPa) e o fator água/cimento em função da resistência normal do cimento utilizado. A partir desse resultado e com os valores de abatimento desejado e do diâmetro máximo do agregado graúdo, foi estabelecido o consumo de água e o de cimento, conforme Tabela 06.

Tabela 6 - Consumo de água

Consumo de água (litros / m ³)					
Abatimento (mm)	Diâmetro máximo agregado graúdo				
	9,0	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Em sequência determinou-se o consumo de cimento através da Equação 8.

$$a/c = \frac{C_a}{C_c} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: C_a é o consumo de água, C_c consumo de cimento e a/c é a relação água/cimento.

A partir da obtenção do consumo de cimento, determina-se o consumo de agregado graúdo (C_b) com a utilização da tabela de determinação do volume do agregado graúdo por m³ de concreto. Obtendo assim a massa utilizada pela Equação 9.

$$C_b = V_b \times \delta_b \quad (\text{Equação 9})$$

Onde: C_b é o consumo de brita, δ_b a massa unitária da brita e V_b o volume da brita.

Na determinação do consumo do agregado miúdo (C_m) utiliza-se a Equação 10, onde se estabelece o volume total do agregado miúdo para obter um volume de 1 m³ de concreto.

$$V_a = 1 - \left(\frac{C_c}{\gamma_c} + \frac{C_b}{\gamma_b} + \frac{C_a}{\gamma_a} \right) \quad (\text{Equação 10})$$

Após realizada a separação dos materiais (cimento, areia, brita, água e aditivo) foi feito a pesagem dos mesmos utilizando balança de precisão mostrada na Figura 11 B e medida o volume de água e aditivo utilizando proveta graduada (Figura 11C), em seguida a betoneira (Figura 11 A) recebeu uma imprimação.

Com a betoneira já funcionando, e já umedecida, colocou-se a brita e 70% do volume da água, misturando-se por um minuto com o intuito de “lavar” a betoneira, em seguida,

adicionou-se o cimento, e por fim, a areia e o restante da água. Após a adição de todos os componentes do traço, a mistura foi homogeneizada por aproximadamente 4 minutos.

Nos traços que receberam a adição de aditivos, tanto o acelerador de pega, quanto o superplastificante foram acrescentados diluídos na segunda metade da água de mistura.

Para cada traço de concreto foi realizado o Slump Test, com a finalidade de determinar a consistência do concreto ainda no estado fresco. Depois do preparo do concreto foi retirada uma amostra para cada lote de dosagem, afim da realização do ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (Figura 17), obedecendo a NBR NM 67 (ABNT, 1998b).

Figura 17 -Aparelhagem para o ensaio de abatimento do tronco de cone



O concreto foi inserido no cone, com o auxílio de um funil, em três camadas aparentemente iguais, adensadas com 25 golpes cada, com uma haste metálica. A camada final foi rasada utilizando o rolamento da haste e posteriormente o cone foi retirado de forma lenta e gradativa, na posição vertical, expulsando assim o concreto que sofre o abatimento (diferença de altura).

Após realização deste ensaio, a amostra foi devolvida à betoneira, para ser acionada mais uma vez, afim de homogeneizar completamente todo o concreto, para seguir com a moldagem dos corpos-de-prova.

4.2.3 Resistência a compressão

Para o ensaio foram moldadas amostras cilíndricas de 10 x 20 cm (Figura 18), sendo utilizadas nos ensaios de resistência a compressão, assim como para os de absorção por capilaridade. Os moldes utilizados foram limpos e revestidos internamente com óleo desmoldante a base de óleo mineral.

Figura 18 - Molde para corpo de prova



Atendendo a NBR 5738 (ABNT, 2015), introduziu o concreto nos moldes, garantindo uma distribuição simétrica do concreto, em duas camadas e através de uma haste metálica deferiu-se 12 golpes em cada camada. A última camada foi moldada com quantidade de concreto em excesso para garantir que após o adensamento completou-se todo o volume do molde, procedendo com o rasamento para eliminar o material em excesso.

Os corpos-de-prova foram armazenados em local protegido de intempéries e choques, e devidamente cobertos com material não reagente e foram desmoldados com 24 horas, contatos depois da moldagem, prosseguindo com a correta identificação de cada corpo-de-prova, logo depois foram acondicionados em um tanque com água parada, cobrindo toda a superfície do corpo-de-prova até o momento da realização dos ensaios.

Conforme prescreve a NBR 5739 (ABNT, 2007), ao atingir a idade desejada para rompimento dos corpos de prova, os mesmos foram retirados do tanque de água (cura saturada). Em seguida os CP's. passaram por um processo de secagem ao ar livre, durante um período de aproximadamente 2 (duas) horas. Em seguida foi realizado a preparação de suas superfícies, por desgaste mecânico, com a utilização do equipamento de retifica (Figura 19), afim de remover uma fina camada nas extremidades da peça para garantir o nivelamento de toda a peça, já que não foram moldados com uma superfície usinada, mas sim acabada com uma colher de pedreiro.

Figura 19 - Equipamento de Retifica



O procedimento de desgaste das superfícies do corpo-de-prova forneceu uma melhor confiabilidade nos resultados obtidos, uma vez que o corpo de prova entrou em contato diretamente com os pratos da prensa, sem a interferência de nenhum outro material, como o enxofre ou neoprene onde manteriam planas as faces dos corpos de prova, uniformizando a carga. Após o processo de nivelamento das superfícies do corpo-de-prova o mesmo é centralizado na base da prensa de acordo com a Figura 20, onde foi aplicado carregamento com velocidade de carga constante e sem choques até sua ruptura.

Figura 20 - Prensa para ensaio de resistência a compressão



Para os ensaios de teste de resistência a compressão foram utilizados 36 corpos de provas (CP), seguindo a NBR 5738/2012, dividindo em 3 grupos, sendo 12 moldados com concreto convencional, 12 moldados com concreto aditivado com superplastificante e 12 aditivados com acelerador de pega. Foram rompidos 6 corpos de prova para cada grupo com 7 dias de idade os 6 restantes de cada grupo em 28 dias, proporcionando assim um comparativo das resistências.

A cada rompimento foi verificado a carga de ruptura em tonelada força (tf), para então calcular a resistência do concreto em MPa dado pela Equação 11, que relaciona a carga de ruptura com a área da seção transversal do corpo-de-prova resultando na resistência.

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde: f_c é a resistência a compressão, expressa em MPa, F é a força máxima alcançada, expressa em N e D é o diâmetro da amostra em mm.

Devem ser desprezados exemplares com variação maior que 15% das médias de todos os exemplares. Conforme preconizado pela NBR 12655 (ABNT, 2015), para o cálculo da resistência a compressão estimada de cada lote foi utilizada a Equação 12.

$$f_{c,est} = f_{cm} - 1,65 \times sd \quad (\text{Equação 12})$$

Sendo, $f_{c,est}$ a resistência estimada, expressa em MPa, o f_{cm} a resistência média dos exemplares do lote, expressa em MPa e o sd o desvio padrão, expresso em MPa.

4.2.4 Absorção por capilaridade

Para determinar a taxa de absorção de água foram moldados 09 (nove) corpos de prova, sendo 03 (três) para cada traço de concreto. Para realizar os ensaios, os corpos de prova foram colocados em estufa (Figura 21) durante 24 horas afim de eliminar toda a umidade e determinar seu peso seco. Os CP's foram mantidos em um recipiente com sua face inferior em contato com a água, que deve está a 5 ± 1 mm da face inferior e em períodos de tempo de 3, 6, 24, 48 e 72 horas foi verificada a massa. Após a última etapa, romper os corpos-de-prova por compressão diametral, conforme a NBR 7222, podendo observar a altura da ascensão capilar máxima obtida e desenhada através da distribuição de água no interior de cada corpo-de-prova.

Figura 21 – Estufa para eliminação da umidade



A absorção capilar de água para cada mistura é expressa em g/cm^2 e verificada dividindo o aumento de massa pela área da seção transversal da superfície do corpo-de-prova em contato com a água, de acordo com a Equação 13:

$$C = \frac{A-B}{S} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde,

- C = absorção de água por capilaridade, em g/cm^2 ;
- A = massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado, em g;
- B = massa do corpo-de-prova seco, assim que este atingir a temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, em g;
- S = área da seção transversal, em cm^2 .

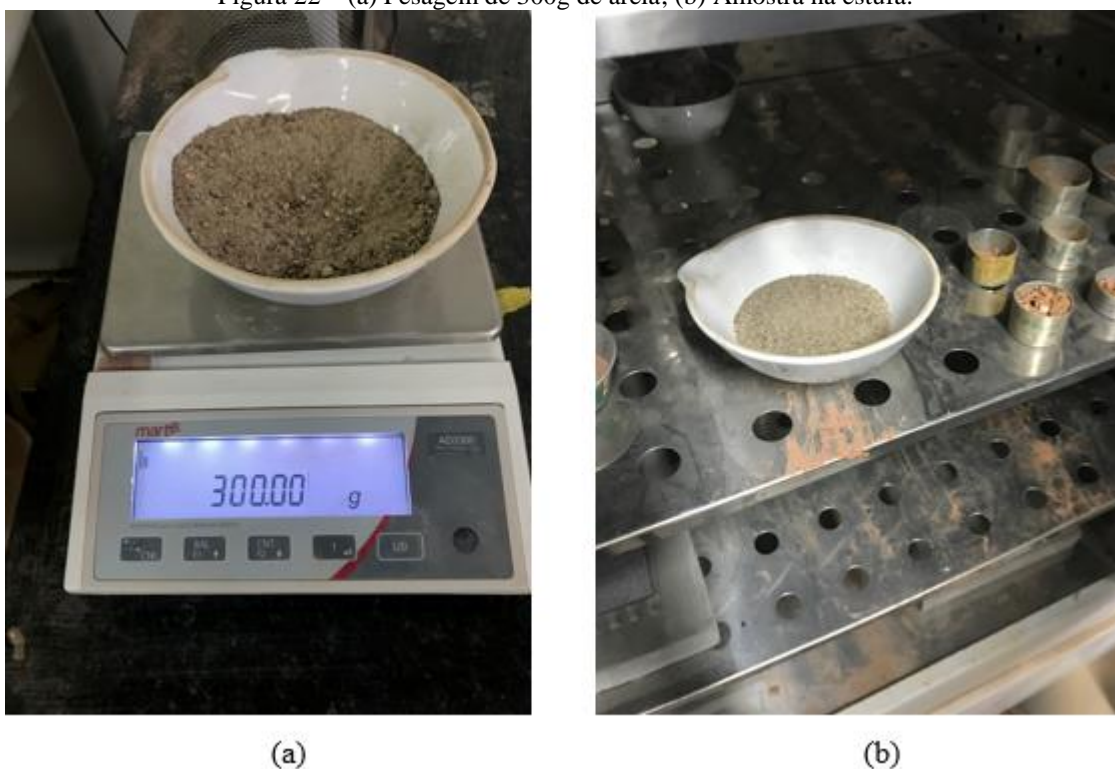
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O aglomerante utilizado nos ensaios foi o cimento Portland composto resistente a sulfato CP II-Z 32 RS, da empresa Votorantim Cimentos, o qual segundo o fabricante apresenta uma massa específica de 2650 Kg/m^3 .

O agregado miúdo utilizado nesta pesquisa, 300g de areia grossa, foi submetida a ensaio para determinação da umidade existente Figura 22. Após 24 horas na estufa foi pesado afim de ter a massa seca do material, obtendo 291g, e aplicado na Equação 2, obtendo assim um valor de 3% de umidade.

Figura 22 – (a) Pesagem de 300g de areia; (b) Amostra na estufa.



Determinando a massa específica do agregado miúdo, utilizando o picnômetro (Figura 23), obteve-se uma massa do conjunto (m_1) de 693 g e uma massa total (m_2) de 1004,32 g, aplicando a Equação 04, tem-se um volume de água de $311,32 \text{ cm}^3$. Aplicando a Equação 03, obteve-se uma massa específica de $2,650 \text{ g/cm}^3$ para o agregado miúdo.

Figura 23 - Picômetro para ensaio de massa específica



Pelo fato do agregado miúdo apresentar um teor de umidade, há a necessidade de corrigir a dosagem de água dos concretos e argamassas, levando em conta a quantidade de água que o agregado carrega, assim como recalcular a quantidade do material pois, segundo Petrucci (1982), há uma influência direta da umidade com um fenômeno de inchamento.

Segundo classificação de Bauer (2011), o agregado miúdo utilizado para a produção do concreto está classificado como agregado miúdo pesado, já que sua massa específica supera os 2000 Kg/m³.

Na determinação da umidade do agregado graúdo, foi conferido que após as 24 horas na estufa a amostra não perdeu massa, concluindo que a amostra estava isenta de umidade.

A massa específica da brita foi dado após submergir 300 g de brita seca em água durante 24 horas e realizada a pesagem submergida em água, um valor de 188,89 g, onde aplicando-se a Equação 05 obteve-se um valor de 2,7 g/cm³ para a massa específica da brita.

A determinação da massa unitária da brita, que é a razão entre a massa do agregado e o seu volume aparente, foi utilizado um recipiente com o volume conhecido, de 2 litros e realizado a pesagem do material, que foi de 2,9 kg. Aplicando a Equação 06 obteve-se uma massa unitária de 1450 Kg/m³.

Desta forma, a Tabela 5 apresenta as características dos materiais utilizados, dados estes que influenciam diretamente na dosagem do concreto, já que influenciam na quantidade tanto dos agregados e aglomerante quanto da água.

Tabela 7- Caracterização dos materiais

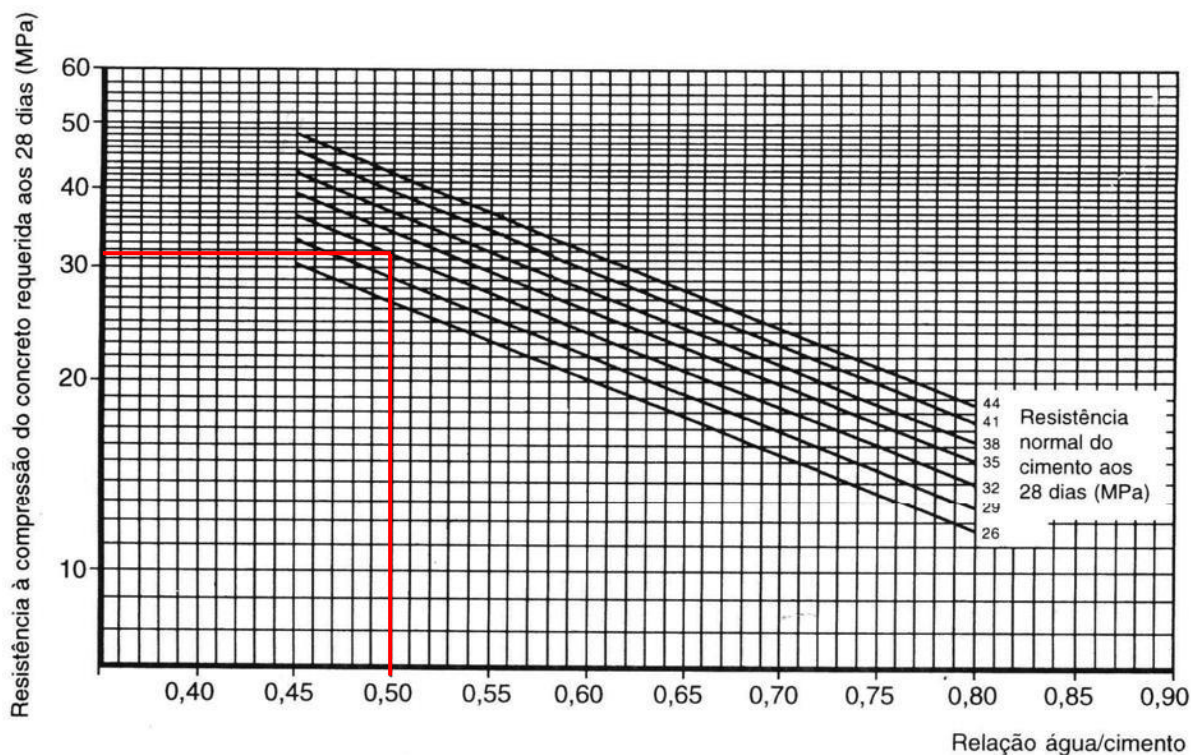
Propriedade	Caracterização
Teor de umidade da areia	3 %
Teor de umidade da brita	0 %
Diâmetro máximo da brita	19 mm
Massa específica do cimento	3150 kg/m ³
Massa específica da areia	2650 kg/m ³
Massa específica da brita	2700 kg/m ³
Massa unitária da brita	1000 kg/m ³

Os aditivos, superplastificante e acelerador de pega, utilizados foram da marca Vedacit conforme Anexo 1 e 2. Tais aditivos foram utilizados nas proporções de 0,5% e 3%, em relação a massa de cimento, do superplastificante e do acelerador de pega, respectivamente.

5.2 ABATIMENTO DE TRONCO DE CONE

Para a dosagem do concreto com uma resistência de 25 Mpa, com um desvio padrão adotado, em função da condição de preparo do concreto, de 4,0 obteve-se, utilizando a Equação 7, uma resistência de dosagem de 31,6 MPa. A princípio utilizou-se a tabela de Abrams (Figura 24) proposta pelo método técnico da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), referente aos cimentos nacionais, relacionando o cimento utilizado e a resistência média do concreto à compressão requerida aos 28 dias e como resultado do fator água/cimento obteve-se o valor de 0,5.

Figura 24 - Curva de Abrams



Em seguida determinou-se o consumo dos materiais, iniciando-se pela água, que foi determinado de acordo com a Tabela 6, proposta pelo método, obtendo-se um volume de 200 litros, levando em consideração um abatimento de 60 a 80 mm e a dimensão máxima do agregado graúdo, que foi de 19mm. Em sequência determinou-se o consumo de cimento através da Equação 8, obtendo assim um valor de 400 Kg/m³ de cimento. A partir da obtenção do consumo de cimento, foi determinado o consumo de agregado graúdo (Cb) com a utilização da tabela de determinação do volume do agregado graúdo por m³ de concreto, obtendo um valor de 0,630m³ de agregado para cada m³ de concreto. Obtendo assim a massa utilizada, pela Equação 9, de 913,5 Kg/m³ de agregado graúdo.

Na determinação do consumo do agregado miúdo (Cm) utilizou-se a Equação 10, obtendo uma quantidade de 0,3346 m³ de agregado miúdo. Considerando a massa específica da areia de 2650 Kg/m³, foi obtido uma massa de 886,91 kg/m³ de areia.

Em síntese, foi obtido os valores contidos na Tabela 8, referente ao consumo dos materiais para a dosagem do concreto.

Tabela 8 - Traço

Material	Consumo (Km/m ³)	Proporção em massa
Cimento	400,00	1,00
Areia	886,91	2,22
Brita	913,50	2,28
Água	200,00	0,50

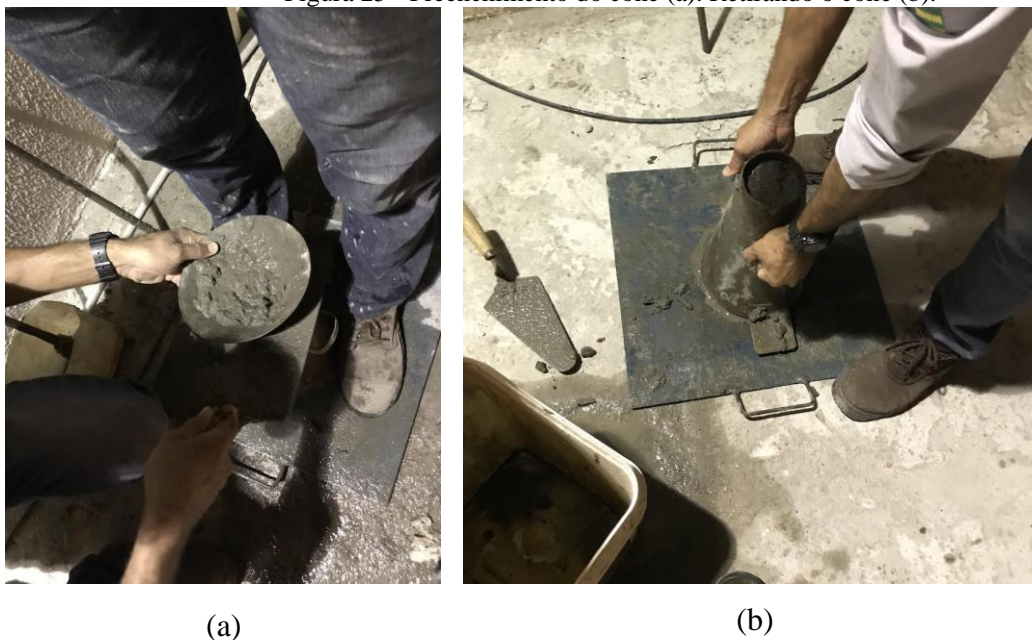
Quando há presença de umidade nos agregados, é imprescindível a correção das proporções reais da mistura, onde a massa do material úmido tem que ser aumentada e a massa de água tem que ser diminuída de forma proporcional (NEVILLE, 2015). Portanto a dosagem calculada levou em consideração que os materiais são ideais, isto é, sem interferência de umidade. Com a caracterização do agregado miúdo e graúdo foi verificado a existência de 3% umidade na composição do agregado miúdo e a inexistência desta no agregado graúdo, fazendo-se necessário a adequação do traço ao fator água/cimento (Tabela 9).

Tabela 9 - Traço final

Material	Consumo (Km/m ³)	Proporção em massa
Cimento	400,00	1,00
Areia	914,34	2,29
Brita	913,50	2,28
Água	181,71	0,45

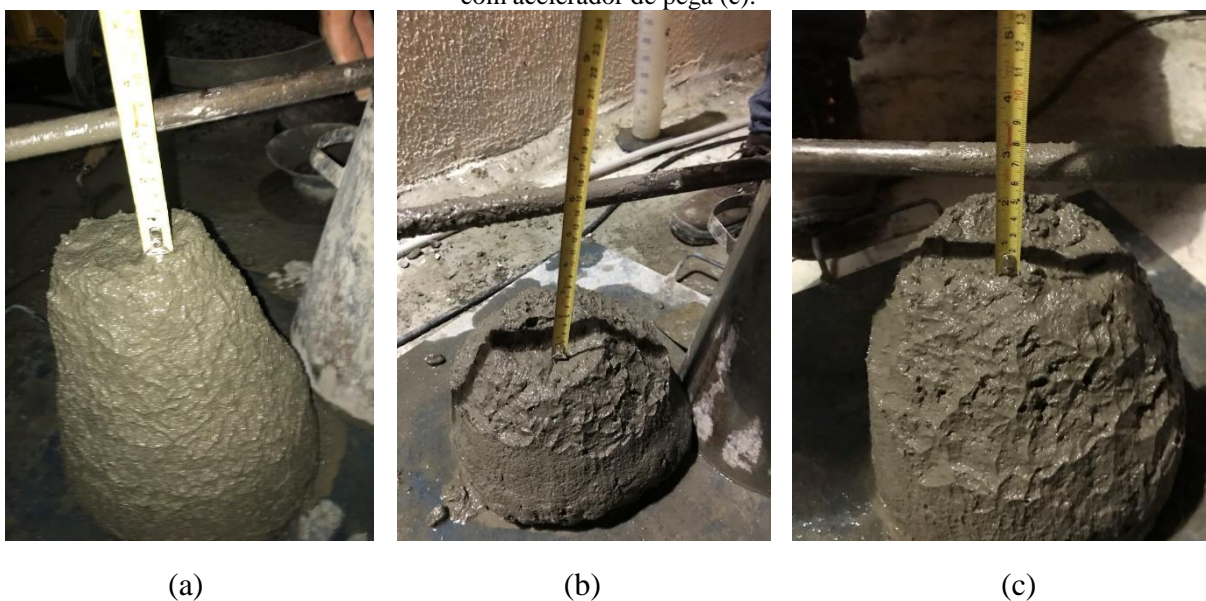
Após a mistura dos materiais, para cada tipo de concreto, foi realizado o teste de abatimento de tronco de cone (Figura 25), ainda que os resultados sejam satisfatórios, nesse teste já foi possível observar uma diferença na coesão do concreto devido à presença de aditivos.

Figura 25 - Preenchimento do cone (a). Retirando o cone (b).



Para o concreto convencional foi obtido um resultado de 78 mm de abatimento (Figura 26 a), atendendo ao estabelecido na dosagem do concreto (consumo de água). No concreto aditivado com superplastificante foi observado um aumento significativo no abatimento, um resultado de 141 mm (Figura 26 b), o que ocorreu de forma contrária no concreto aditivado com acelerador de pega, com um resultado de 63 mm (Figura 26 c).

Figura 26 - Abatimento de cone para concreto convencional (a), concreto com superplastificante (b) e concreto com acelerador de pega (c).



Esta variação de abatimento no concreto dosado com superplastificante se dar basicamente pela repulsão eletrostática das moléculas plastificantes (COLLEPARDI, M., 2003 *apud* MARTINS, 2005). Confirmando assim o que Barbosa e Maciel (2005) concluem em seu trabalho, que os aditivos superplastificante tem influência direta na trabalhabilidade dos concretos.

Os aditivos plastificantes e superplastificantes, além de conceder uma a redução da relação água/cimento para uma certa consistência do concreto, podem também assegurar um aumento de fluidez caso a quantidade inicial de água da dosagem for mantida, assim como ocorreu neste trabalho (MELO e MARTINS, 2009).

O concreto com a incorporação do aditivo acelerador de pega apresentou uma influência menor na plasticidade com um abatimento de 19,23% a menos que no concreto de referência. Fleming *et al* (2015), em sua citação sobre “Verificação do desempenho de aditivos aceleradores de pega em concreto para ganho de resistência inicial”, obteve resultados semelhantes, para a mesma classe de aditivo.

5.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Após moldagem e cura, durante 07 dias, dos corpos de prova, foi realizado o rompimento destes e calculado a resistência a compressão pela Equação 11. Os resultados encontrados no ensaio realizado para todas as amostras, são apresentados na Tabela 10.

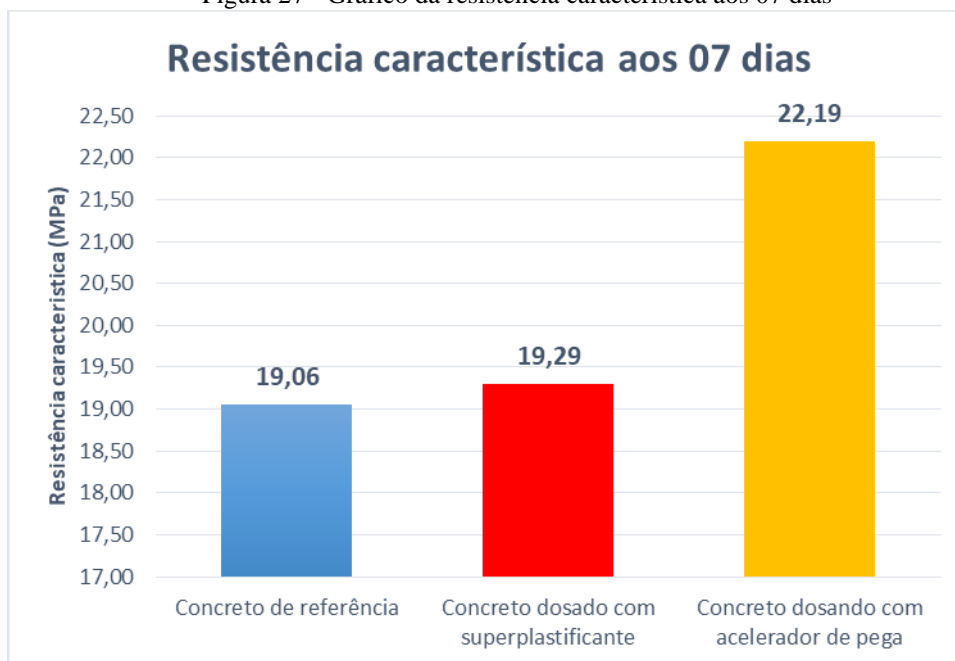
Tabela 10 - Resultados do ensaio de resistência a compressão aos 07 dias

Concreto de referência (MPa)	Concreto dosado com superplastificante (MPa)	Concreto dosando com acelerador de pega (MPa)
24,02	22,86	22,75
19,84	19,88	24,72
20,06	23,88	23,70
24,38	21,69	23,60
22,34	21,11	25,90
23,88	20,78	23,52

Como não houveram variações maiores que 15%, não foi desprezada nenhuma amostra, conseqüentemente todas foram utilizadas para calcular o valor da resistência característica à compressão, na idade de 07 dias, utilizando a Equação 12. Os desvios padrão calculado para as amostras foram de 2,04, 1,46 e 1,11 para o concreto convencional, dosado com

superplastificante e dosado com acelerador de pega, respectivamente, obtendo assim os resultados dispostos na Figura 27.

Figura 27 - Gráfico da resistência característica aos 07 dias



A Figura 27, mostra graficamente as resistências característica do concreto aos 07 dias de idade. Neste caso pode-se perceber que o concreto dosado com aditivo superplastificante teve pouca interferência em relação ao concreto de referência, durante os 07 dias primeiros dias de cura.

Já o concreto dosado com acelerador de pega, em seus primeiros 07 dias de idade, apresentou um aumento em sua resistência a compressão de 14,10% em relação ao concreto convencional confirmando assim o que Metha (2014) afirma, que os aditivos aceleradores de pega reduzem os tempos de início e fim de pega do concreto, bem como aumentam o desenvolvimento de suas resistências desde as idades iniciais, garantindo assim uma melhor agilidade em desformar a estrutura.

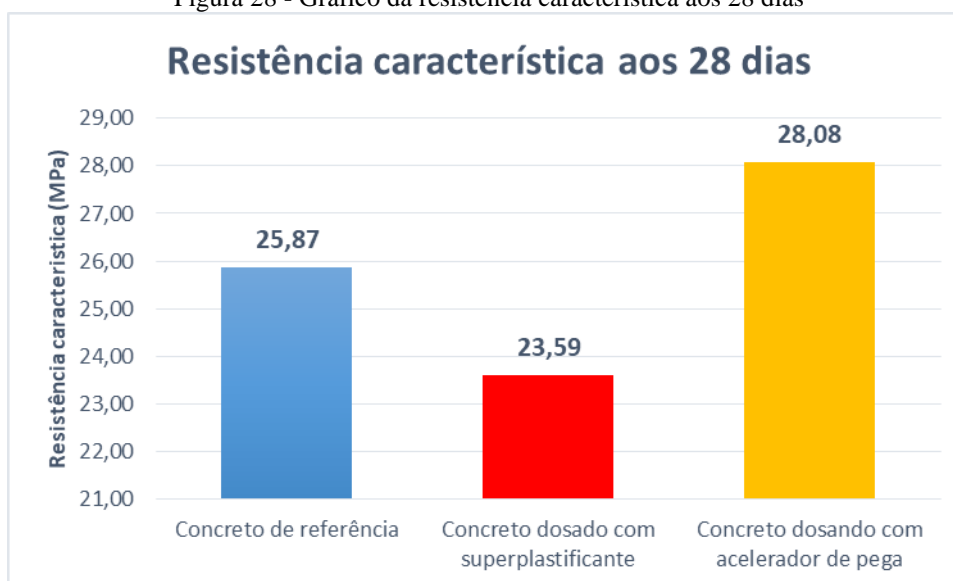
Aos 28 dias, foi realizado o rompimento do restante dos corpos de prova, obtendo assim os resultados conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados do ensaio de resistência a compressão aos 28 dias

Concreto de referência	Concreto dosado com superplastificante	Concreto dosado com acelerador de pega
26,49	25,80	30,65
27,63	27,48	30,70
30,43	26,70	29,37
29,42	24,56	31,72
32,22	26,34	30,13
29,07	23,92	28,15

Como não houveram variações maiores que 15%, não foi desprezada nenhuma amostra, conseqüentemente todas foram utilizadas para calcular o valor da resistência característica à compressão, na idade de 28 dias, utilizando a Equação 12. Os desvios padrão obtidos foram de 2,03, 1,34 e 1,23 para o concreto convencional, dosado com superplastificante e dosado com acelerador de pega, respectivamente, obtendo assim os resultados dispostos na Figura 28.

Figura 28 - Gráfico da resistência característica aos 28 dias



Analisando os dados da Figura 27 e 28, pode-se observar que o aditivo superplastificante não influenciou, significativamente, na resistência a compressão do concreto aos 7 dias, contudo há uma variação maior com os 28 dias onde em relação a resistência do concreto de referência teve uma queda de 8,81%, inclusive a baixo da resistência calculada, de 25MPa.

Para Neville e Brooks (2013), o poder de dispersão dos aditivos superplastificantes resultam em uma maior superfície de contato do cimento exposta à hidratação, portanto, há um

aumento na resistência nas idades primárias, de maneira semelhante em longas idades pode ocorrer o aumento da resistência, quando utilizado uma redução do fator água/cimento. Porém no presente trabalho, não foi reduzido a quantidade de água, que segundo o fabricante (Anexo 1) aumentaria a fluidez do concreto e assim como o que foi verificado também por Scheeren (2017) em seu trabalho, o desempenho dos aditivos superplastificantes nos ensaios de resistência compressão apresentou valores de queda na resistência aos 28 dias.

A adição de acelerador de pega apresentou uma maior influência para o aumento da resistência, tanto com os 07 dias quanto aos 28 dias onde obteve-se um aumento de 7,79%.

Segundo Nevile (2015), os aceleradores de pega atuam na alteração do processo de precipitação dos hidratos, diminuindo significativamente o tempo necessário à nucleação, que ocorre com mais facilidade, fazendo com que o concreto atinja altas resistências em menos tempo, confirmando o que foi evidenciado no ensaio do presente trabalho.

Prado e Silva (2015), em seu trabalho apresentado no 57º Congresso Brasileiro de Concreto obteve resultados semelhantes, onde analisaram a efetividade de 4 tipos de aditivo aceleradores de pega e concluíram que em todas as amostras aditivadas foi evidenciado que os aditivos auxiliaram no aumento de resistência tanto nas primeiras horas de idade quanto aos 28 dias, sobressaindo assim o aditivo Glenium 3400 NV, o qual mostrou um aumento na resistência do concreto em aproximadamente 91%.

5.4 ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE

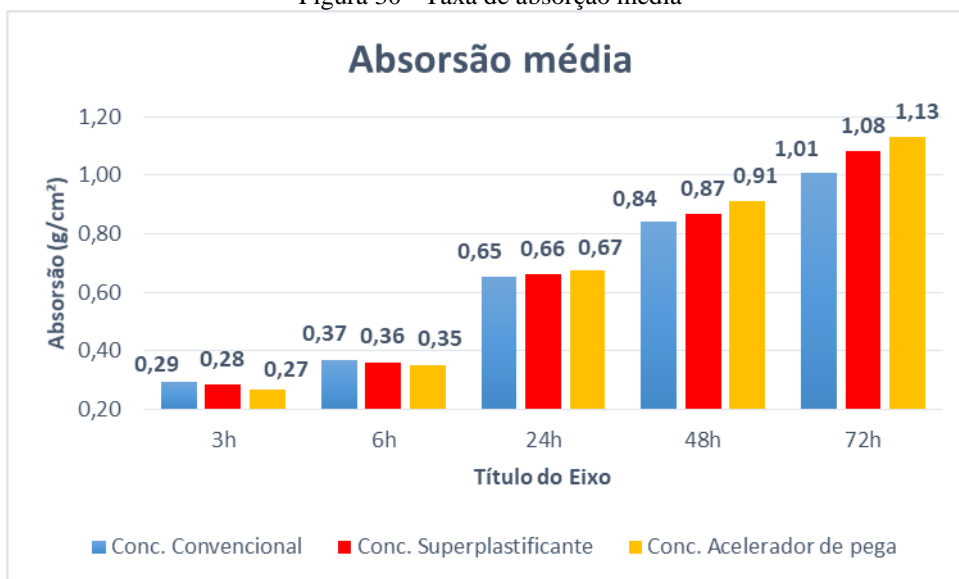
Os ensaios realizados para obter a taxa de absorção por capilaridade dos corpos de prova foram realizados aos 28 dias de cura destes. Depois de retirar toda a umidade dos corpos de prova (Figura 29), estes foram submetidos ao ensaio.

Figura 29 - Corpo de prova na estufa (a). Pesagem do corpo de prova (b)



Como previsto na NBR 9779 (ABNT, 2012), com os resultados das pesagens realizadas nos tempos de 3, 6, 24, 48 e 72 horas, foi obtido através da Equação 13 as taxas de absorção por capilaridade para cada lote de concreto (Figura 30).

Figura 30 - Taxa de absorção média

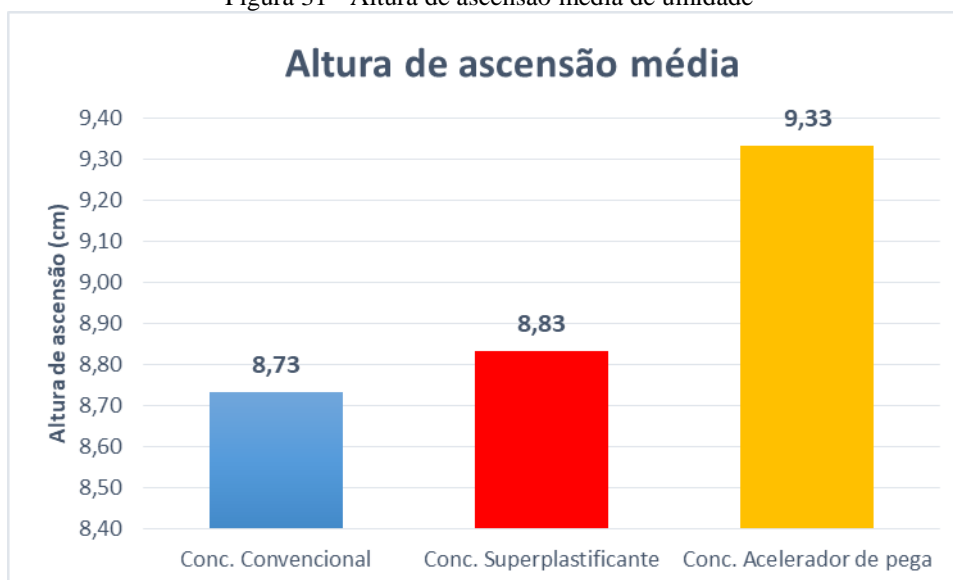


Este ensaio auxilia na verificação do quanto o concreto tem chances de sofrer com as intempéries do tempo, como por exemplo a chuva, ocasionando patologias por conta da presença da umidade no material, como uma oxidação das armaduras, podendo chegar ao ponto de comprometer a estrutura.

Uma análise geral dos resultados aos 28 dias, observa-se que os corpos de prova com influência de aditivos, tiveram um pequeno aumento em sua taxa de absorção, sendo que o dosado com superplastificante em 72 horas teve um aumento de 6,48% e o dosado com acelerador de pega um aumento de 10,62% em relação ao concreto convencional.

A Figura 31 apresenta os resultados depois de realizado o rompimento dos corpos de prova, na diametral, afim de obter a altura de ascensão da umidade.

Figura 31 - Altura de ascensão média de umidade



Pode-se concluir que a taxa de absorção por capilaridade está diretamente ligada à altura de ascensão da umidade no corpo de prova, onde o concreto dosado com superplastificante apresentou uma altura de 1,13% e o dosado com acelerador de pega 6,43%, maior que o concreto de referência.

Guimarães (2005), afirma que mantendo a mesma quantidade de cimento e água, utilizando o aditivo superplastificante há uma maior fluidez, menor coesão e conseqüentemente uma maior porosidade, explicando o fato de apresentar uma maior taxa de absorção por capilaridade de maior altura de ascensão do que o concreto convencional.

Neville (2015), afirma, que o uso de aceleradores de pega pode ocasionar grandes velocidades de desprendimento e fissuração por retração que, servem de vias de penetração de substâncias nocivas, como a umidade, causando assim a corrosão do aço e reações expansivas, se tratando do concreto armado, reduzindo a durabilidade e acelerando a deterioração da estrutura, o que explica uma maior taxa de absorção por capilaridade.

Segundo afirma Salomão (2008), a corrosão das barras de aço é um grande problema que pode afetar a vida útil da estrutura e tem como responsáveis a carbonatação, o ataque por cloreto, etc. Portanto para um resultado mais preciso e uma análise mais aprofundada e comparativa, seriam necessários ensaios mais precisos, como o de carbonatação onde avaliaria a real durabilidade dos concretos.

6 CONCLUSÃO

O estudo realizado possibilitou um maior entendimento quanto as características do concreto quando utilizado os aditivos aceleradores de pega e superplastificantes. Certifica-se que o método de dosagens utilizado forneceu boas respostas ao estudo, atendendo de forma aceitável aos objetivos traçados.

Nota-se que a utilização do aditivo superplastificante aumenta consideravelmente o abatimento de tronco de cone, com uma diferença de 44,68% a mais de abatimento, conforme citado na revisão, enquanto o acelerador, conforme esperado diminui o abatimento, foi obtido uma diferença de 19,23%, ambos quando comparado ao concreto natural. Observa-se também que nos primeiros 7 dias de idade o concreto dosado com superplastificante apresenta uma resistência ligeiramente maior que o concreto sem a dosagem deste aditivo, contudo para o concreto dosado com acelerador de pega a resistência a compressão teve um aumento ainda maior, de 14,10%, quando comparado ao concreto convencional.

Aos 28 dias de idade verificou-se que a resistência do concreto dosado com superplastificante tem uma progressão menor que os demais traços, de 8,81%, o que leva a concluir que o mesmo atribui ao concreto um ganho de resistência inicial, porém devido à perda de resistividade e aderência entre as partículas, o concreto dosado acaba perdendo resistência à medida que se aproxima da sua cura final, por sua vez, o concreto dosado com acelerador de pega, eleva a resistência de forma constante sem perder em sua resistência característica natural, obtendo aos 28 dias uma resistência 7,79% maior que a do concreto convencional.

Quando verificado as amostras quanto a absorção observa-se um resultado equilibrado nas primeiras horas, havendo um descolamento maior nos concretos aditivados, por conta da porosidade causada pelo superplastificante e da possibilidade fissuração por retração causada pelo acelerador de pega.

Os resultados obtidos constataam que a utilização de tais aditivos deve ser analisada com cuidado, estudando as dosagens, traço e o comportamento do concreto, desta forma fica claro que é de extrema relevância estudar cada caso onde os aditivos serão empregados, uma vez que sua utilização pode resultar em comportamentos diferentes em curto, médio e a longo prazo.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que o estudo foi realizado utilizando apenas uma dosagem do acelerador de pega e superplastificante, sugere-se estudos futuros mais refinados verificando os seguintes aspectos:

- Variação de dosagens para cada aditivo;
- Verificação do efeito de superdosagem;
- Análise do ganho de resistência do concreto com superplastificante após 28 dias de cura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÏTCIN, P. **Cements of yesterday and today; concrete of tomorrow**, *Cem. Concr. Res.* 30, 9, p. 1349-1359, (2000).

ARAÚJO, L.; RODRIGUES, R.; FREITAS, F. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: [s.n.], 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Básico sobre cimento**. Disponível em: < [http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/](http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/) > Acesso em: 20/08/2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578** – Cimento Portland composto, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento portland, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13116** – Cimento Portland de baixo calor de hidratação, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900** – Água para amassamento do concreto, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732** – Cimento Portland comum, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733** – Cimento Portland com Alta Resistencia Inicial, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735** – Cimento Portland de alto-forno, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736** – Cimento Portland pozolânico, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737** – Cimento Portland resistentes a sulfatos, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndrico, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222** – Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225** – Materiais de pedra e agregados naturais, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779** – Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 33** - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 36** – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67** – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.

BARBOSA, M. P.; MACIEL, G. F.; CASTRO, A.L. **Determinação dos Parâmetros reológicos de argamassas e concreto através de técnicas alternativa**. Revista IBRACON de estruturas e materiais, v. 4, n. 3, p. 440-480, 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5 ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 471 p.

CARVALHO, J. D. N., **Revista Tecnológica**, v. 17, p. 19-28, 2008.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. **Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil**. Cerâmica, v. 55, n. 333, p. 18-32, 2009.

CATARINO, J. F. **Avaliação da Influência do Cimento na interação Cimento-Superplastificante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) - Área Departamental de Engenharia Química. Lisboa, Portugal, 2012.

COUTINHO, A. S. **Fabrico e Propriedades do Betão**. Vol. I. ed. LNEC. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 1997. 610 p.

COUTO, J. A. S. **O concreto como material de construção**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT, v. 1, n. 3, p. 49-58, 2013.

DALDEGAN, E. **Aditivos para concreto: Principais opções e vantagens**. Engenharia Concreta, 2017. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/aditivos-para-concreto-opcoes-e-vantagens>>. Acesso em: 14 de novembro de 2018.

DE CARVALHO, J. D. N. **Sobre as origens e desenvolvimento de concreto**. Revista Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 95-112, 2010.

ERDOGDU, S. **Compatibility of superplasticizers with cements different in composition**, *Cem. Concr. Res.* 30, 5, p. 767-773, (2000).

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavimentos**: Produção e controle de qualidade. 4.ed. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda. 2013.

FLATT, P. **Bowen, Electrostatic repulsion between particles in cement suspensions: domain of validity of linearized Poisson-Boltzmann equation for nonideal electrolytes**, Cem. Concr. Res. 33, 6 (2003) 781-791.

FLEMING, R. *et al.* **Verificação do desempenho de aditivos aceleradores de pega em concreto para ganho de resistência inicial**. IBRACON, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/284888511>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

GARCIA, J. R. *et al.* **Processo de hidratação e os mecanismos de atuação dos aditivos aceleradores e retardadores de pega do cimento de aluminato de cálcio**. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de S. Carlos. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 42-56, 2007.

GOMES, P.C.C.; Barros, A.R. **Métodos de Dosagem do Concreto Autoadensável**. São Paulo, PINI, 2009

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

GUERREIRO, M. R. F. **Utilização de aditivo estabilizador de hidratação (AEH) como proposta de reciclagem dos resíduos de concreto usinado**. Dissertação [Mestrado em Qualidade Ambiental, Centro Universitário Feevale. 106p.]. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2007.

GUIMARÃES, A.T.C. **CONCRETO: Ensino, pesquisa e Realizações**, Vol.1 - Propriedades do Concreto Fresco. Ed. Geraldo Cechella Isaia - São Paulo: IBRACON, 2005. 1v.

HARTMANN, Carine *et al.* **Aditivos químicos para concretos e cimentos**. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. -São Paulo: IBRACON. 2002. vol 1.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland**. In: . Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. v. 2, cap. 27, p. 905 – 944.

IBI, Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**. [S.l.: s.n.], 2015. 32 p. v. 1.

ISAIAS, G. C. **Concreto: Ensino pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2007. 1v. 792 p.

JOLICOEUR, C. *et al.* **Chemical admixtures: essential components of quality concrete**. In: New Spiratos Symposium on Superplasticizers. Proceedings of a Symposium Honouring... Bucharest, Romania: CANMET/ACI, June 2003.

LEAL, U. **Aditivos - química aplicada**. Revista TÉCNICA, dezembro, 2003, nº. 81. p 42-45.

LI, Z. **Advanced concrete technology**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. MARTINS, Danilo Gomes. Influência do tamanho do corpo de prova nos resultados de ensaios de módulo

de deformação e resistência à compressão e suas correlações para concretos produzidos em Goiânia-GO. Goiânia: UFG, 2008.

LIMA, S. F. *et al.* **Concreto e suas inovações**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2014.

MARTINS, V. C. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com a utilização de aditivos**: estudo de caso. 2005.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

MELO, K. A.; MARTINS, V. C.; REPETTE, L. W. **Estudo de compatibilidade entre cimento e aditivo redutor de água**. Artigo publicado, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v.9,n.1,p.45-46, 2009.

NAKAMURA, J. **Uso de aditivos e adições para o concreto cresce junto com a demanda por estruturas mais resistentes, duráveis e com características especiais**, 2014. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/155/artigo313019-1.aspx>. Acesso em: 14 de novembro de 2018.

NEVILLE, A. M.; BROOKS J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. Ed. Porto Alegre. Bookman, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**-5ª Edição. Bookman Editora, 2015.

NEWMAN, J.; CHOO, B. S. **Advanced concrete technology: concrete properties**. Oxford: Elsevier, 2003..

PETRUCCI, E. **Concreto de cimento Portland**. Porto Alegre: Ed. Globo, 1982. 307p.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Paulo: Campus, 2007. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>. Acesso em: 28 de Agosto de 2018.

POMPEU NETO, B.B.; OLIVEIRA, D.R.C.; RAMOS, D.; **Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência** - Revista Matéria, v. 16, n. 2, pp. 690 – 702, 2011.

PRADO, C.; SILVA, M. S.; SILVA, J.; FLEMING, R. **Verificação do desempenho de aditivos aceleradores de pega em concreto para ganho de resistência inicial**. 57º Congresso Brasileiro do Concreto, 2015.

R. J. FLATT, P. Bowen, **Electrostatic repulsion between particles in cement suspensions: domain of validity of linearized Poisson-Boltzmann equation for nonideal electrolytes**, Cem. Concr. Res. 33, 6 (2003) 781-791.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. da S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

ROSSIGNOLO, J.A. **Concreto leve estrutural**: produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo, PINI, 2009.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SALOMÃO, M. C. F.; SILVA, T. J. **Ensaio acelerado de carbonatação do concreto**. XII Seminário de iniciação científica – UFU, 200.

SCHEEREN, S.C.S. et al. **Influência de aditivos superplastificantes a base de policarboxilato na resistência a compressão e propriedades no estado fresco de um cimento Portland tipo I**. Revista de engenharia civil IMED, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.18256/2358-6508.2017.v4i2.2293>>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T.. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Editora Pini Ltda. São Paulo, 2009.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos concretos de cimento Portland. 2011.

UCHIKAWA, H.; HANEHARA, S.; SAWAKI, D. **The role of steric repulsive force in the dispersion of cement particles in fresh paste prepared with organic admixture**, *Cem. Concr. Res.* 27, 1, p. 37-50 (1997).

VARGAS, A. S. de. **Estudo da Viabilidade do Uso do Pó de Aciaria Elétrica a Arco na Confeção de Blocos de Concreto para Pavimentação**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

Vedacit impermeabilizantes. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br/produtos>> Acesso em: 15/10/2018.

VEDACIT. **Manual Técnico**, 5ª Edição-2005

VIEIRA, J. **Interação cimento-superplastificante**: Avaliação da Estabilidade do comportamento, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2010.

ANEXO I



ADIMENT

Produto

ADIMENT proporciona uma alta dispersão entre agregados e cimento, permitindo grande redução da água de amassamento. Proporciona concreto com ótimas características, como alta resistência inicial e final, rápido lançamento, ótima aderência à armadura, excelente acabamento, alta densidade e baixa permeabilidade. ADIMENT pode ser empregado basicamente de duas maneiras: reduzindo a parte da água, para alcançar resistências maiores, ou mantendo a quantidade de água inalterada, para obter alta fluidez.

Características

Densidade: 1,12 g/cm³

Aparência: Líquido Incolor, Isento de cloretos

Composição básica: Resina melamina-formaldeído.

Validade: 12 meses

Campos de aplicação

Concreto dosado em central ou em obra para:

- concretagem de edifícios, pavimentos, pontes, reservatórios e silos;
- concreto bombeado, pré-moldado e protendido;
- concretagem para armaduras densas;
- concreto de alto desempenho, com adições.

Preparo do produto

Produto pronto para o uso.

Aplicação

Como plastificante, realizar primeiramente uma pré-mistura do cimento e dos

uma empresa do  Grupo Baumgart

www.vedacit.com.br



ADIMENT

agregados, adicionando cerca de 70% do volume de água a ser utilizado. Em seguida, adicionar ADIMENT ao concreto, obedecendo à dosagem necessária, e complementar com o restante da água. Como redutor de água, realizar primeiramente uma pré-mistura do cimento e dos agregados, adicionando cerca de 70% do volume de água a ser utilizado. Em seguida, adicionar ADIMENT ao concreto, obedecendo à dosagem necessária, e complementar com o restante da água até obter a trabalhabilidade desejada. Pode-se reduzir a quantidade de água do traço em relação ao concreto-padrão na ordem de 12%. Adicionar ADIMENT ao concreto imediatamente antes do lançamento, pois o efeito do produto decai em aproximadamente 30 minutos. Misturá-los por 5 minutos, no mínimo, em betoneira.

Consumo aproximado

0,5% a 1,5% sobre a massa de cimento (de 0,45 litro a 1,34 litros de aditivo para cada 100 kg de cimento).

Em caso de necessidade, o produto pode ser redosado sem perda significativa de resistência.

Armazenamento

Estocar o produto em local coberto, fresco, seco e ventilado, fora do alcance de crianças, animais e longe de fontes de calor.

uma empresa do  Grupo Baumgart

www.vedacit.com.br

SAC 0800-VEDACIT 0800-833-2248 DEMAIS DEPARTAMENTOS (11) 2902-5522 DE SEGUNDA A SEXTA DAS 8H ÀS 17H45

ANEXO II



VEDACIT RAPIDÍSSIMO

Aplicação

Usar sempre cimento novo e isento de pelotas. -Estanqueamento e tamponamento. Primeiramente, misturar a seco 1 parte de cimento e 1 parte de areia média. Adicionar a mesma proporção, ou seja, 1 parte do VEDACIT RAPIDÍSSIMO, diretamente ao cimento e areia e misturar rapidamente para formar uma argamassa. Com a mistura pronta, aplicar com as mãos protegidas por luvas a argamassa no local do vazamento, mantendo pressionado por alguns minutos, para formar um tampão. -Revestimento de superfícies úmidas. Preparar a argamassa com 1 parte de cimento e 3 partes de areia. Amolentá-la aos poucos com água e utilizar um consumo de VEDACIT RAPIDÍSSIMO de 3% a 15% sobre a quantidade de cimento. Aplicar essa argamassa em camadas com espessura em torno de 1 cm. -Concretagem em presença de água e concretagem para liberação rápida. O concreto deve ter consumo mínimo de cimento de 350 kg/m³ e deve ser preparado aos poucos em betoneira nas proximidades do local de lançamento, utilizando-se o consumo do VEDACIT RAPIDÍSSIMO de 3% a 15% sobre a massa de cimento. Uma vez iniciada a pega, não se deve manusear ou vibrar o concreto. Prever cura química com o uso de agente de cura para concreto, como o CURING ou TRI-CURING, para evitar fissuração.

Consumo aproximado

3% a 15% sobre a massa de cimento (2,4 litros a 12 litros de aditivo para cada 100 kg de cimento).

Armazenamento

Estocar o produto em local coberto, fresco, seco e ventilado, fora do alcance de crianças, animais e longe de fontes de calor.

uma empresa do  Grupo Baumgart

www.vedacit.com.br

SAC 0800-VEDACIT 0800-833-2248 DE MAIS DEPARTAMENTOS (11) 2902-5522 DE SEGUNDA A SEXTA DAS 8H ÀS 17H45



VEDACIT RAPIDÍSSIMO

Produto

VEDACIT RAPIDÍSSIMO acelera de forma ultrarrápida a pega do cimento, permitindo o tamponamento instantâneo de vazamentos e infiltrações, e acelera a resistência de argamassas e concreto para rápida liberação.

Características

Densidade: 1,27 g/cm³

Aparência: Líquido Incolor, Isento de cloretos

Composição básica: Silicatos.

Validade: 24 meses

Campos de aplicação

- estanqueamento de água sob pressão e tamponamentos;
- revestimento de superfícies úmidas;
- concreto de liberação rápida;
- concretagem em presença de água.

Preparo do substrato

Para os campos de aplicação de estanqueamento e tamponamento, alargar, conicamente, o orifício por onde estiver jorrando água para a superfície. Depois, remover todas as partículas soltas.

Preparo do produto

Produto pronto para o uso. Misturar o produto antes da aplicação, utilizando ferramenta limpa a fim de evitar a sua contaminação.

uma empresa do  Grupo Baumgart

www.vedacit.com.br

SAC 0800-VEDACIT 0800-833-2248 DEMAIS DEPARTAMENTOS (11) 2902-5522 DE SEGUNDA A SEXTA DAS 8H ÀS 17H45