

# AValiação DA INFLUÊNCIA DE ADITIVOS NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO CONVENCIONAL

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE RESISTANCE OF CONVENTIONAL CONCRETE

**QUEIROZ**, Deivid Pereira<sup>1</sup>; **RODRIGUES**, Felipe Carneiro<sup>2</sup>; **LIMA**, Gabriel Henrique Pereira<sup>3</sup>; **NETO**, Luiz Carlos Costa<sup>4</sup>; **PINA**, Marcos Antônio Pereira<sup>5</sup>; **TENÓRIO**, Helen Oliveira<sup>6</sup>.

### RESUMO

O presente trabalho trata-se de uma avaliação da influência de aditivos na resistência do concreto convencional. Existem muitos aditivos usados na produção de concreto, alguns determinam certas características desejáveis para a finalidade do uso daquele concreto. Tem-se como exemplo, os aditivos superplastificantes que são utilizados para aumentar a trabalhabilidade do concreto, preenchimento total dos vazios, evitando assim patologias que possam surgir futuramente, como o caso dos nichos de concretagem, conseqüentemente, diminuem a vida útil do concreto, devido a maior exposição desse com o oxigênio, gás carbônico e umidade, promovendo assim a corrosão da armadura. Outra característica importante do superplastificante é a redução da água na produção do concreto, sem interferir na fluidez e na resistência final do concreto. O aditivo acelerador de pega também é muito usado para a produção de concretos, o objetivo do uso deste aditivo é diminuir o tempo de cura, pois esse promove uma reação imediata da água com o cimento, aumentando a sua resistência à compressão nos primeiros dias, dessa forma, o tempo de cura fica reduzindo, podendo retirar as formas em poucos dias. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência desses aditivos na resistência à compressão nos primeiros dias. Foi feito um traço e adicionou aditivo superplastificante e acelerador, sendo duas amostras por traço. De cada amostra, foram feitos 6 corpos de prova para determinar a resistência nas idades de 1, 3 e 7 dias. Sendo assim, totalizou-se 12 amostras (6 para cada aditivo). O ensaio de abatimento foi feito para cada amostra nos tempos 0, 10, 20 e 30 minutos. Os resultados mostraram que os maiores valores para resistência foram os traços com o acelerador. Os aditivos utilizados não interferiram na fluidez e trabalhabilidade, no entanto, o superplastificante apresentou maiores resultados para o abatimento. Com os resultados obtidos, conclui-se que é preciso ajustar as dosagens dos aditivos para ter resultados com maior resistência à compressão nos primeiros 7 dias.

**Palavras-chave:** Aditivos. Concreto. Resistência à compressão. Abatimento.

### ABSTRACT

*The present work deals with an evaluation of the influence of additives on the strength of conventional concrete. There are many additives used in the production of concrete, some determine certain desirable characteristics for the purpose of use of that concrete. For example, superplasticizer additives, which are used to increase the workability of the concrete, completely filling the voids, thus avoiding pathologies that may arise in the future, such as the case of concrete placement niches, consequently reducing the useful life of the concrete, due to greater exposure to oxygen, carbon dioxide and moisture, thus promoting reinforcement corrosion. Another important feature of the superplasticizer is the reduction of water in the production of concrete, without interfering with the fluidity and final resistance of the concrete. The setting accelerator additive is also widely used for the production of concrete, the purpose of using this additive is to reduce the curing time, as it promotes an immediate reaction of the water with the cement, increasing its resistance to compression in the first days, in this way, the curing time is reduced, being able to remove the molds in a few days. The objective of this work was to evaluate the influence of these additives on the compressive strength in the first days. A trace was made and superplasticizer additive and accelerator were added, with 2 samples per trace. From each sample, 6 specimens were made, to determine the resistance at ages 1, 3 and 7 days. Thus, a total of 12 samples were obtained (6 for each additive). The slump test was performed for each sample at times 0, 10, 20 and 30 minutes. The results showed that the highest values for resistance were the strokes with the accelerator. The additives used did not interfere with fluidity and workability, however the superplasticizer showed better results for slump. With the results obtained, it is concluded that it is necessary to adjust the dosages of additives to obtain results with greater resistance to compression in the first 7 days.*

**Keywords:** Additives. Concrete. Compressive strength. Abatement.

## **1. INTRODUÇÃO**

O concreto é um dos materiais mais utilizados em obras de infraestrutura, edificações e estruturas em geral, por isso, a quantidade de concreto plástico utilizada é uma questão muito importante na construção civil. A dosagem correta é fundamental para garantir a qualidade e resistência da estrutura, reduzir custos e evitar o desperdício de material.

Nesse sentido, é importante entender os fatores que influenciam a dosagem e as diferentes técnicas disponíveis para calcular as proporções ideais de cada componente do concreto. A busca por melhorias nos materiais à medida que a tecnologia da construção civil evolui é uma realidade absoluta. A estrutura, que precisa permanecer a mesma, visa reduzir custos, mas manter a qualidade.

Nesse caso, o uso de aditivos foi regulamentado e introduzido no Brasil na década de 1970, atualmente, no mercado existem vários aditivos, cada um com suas especificidades e aplicações.

Um dos principais problemas no uso de aditivo é a má administração da dosagem na hora da execução do traço, fazendo assim o aditivo perder sua capacidade específica de uso, como por exemplo a característica da resistência e conseqüentemente desperdiçando material.

De acordo com Helene (2010), o uso de aditivos no concreto pode trazer diversos benefícios, como a melhoria da trabalhabilidade, redução da segregação, aumento da resistência e durabilidade, aceleração ou retardamento do tempo de pega do concreto, entre outros. No entanto, ele destaca que é importante que o uso dos aditivos seja feito de forma consciente e criteriosa, levando em consideração as características do cimento e das condições de aplicação.

Diante desse pressuposto, o trabalho visa avaliar os resultados da influência dos aditivos superplastificantes, aceleradores e retardadores de pega no concreto através de ensaio de compressão nas idades de 1, 3 e 7 dias, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018), para constatar a discrepância de resistências de cada aditivo em cada idade e seguindo as orientações do fabricante em relação à sua dosagem.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a condição de um traço convencional de concreto após o uso de aditivos superplastificante e acelerador, levando em consideração a trabalhabilidade, consistência e resistência característica.

### **2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Analisar a influência da aplicação dos aditivos: superplastificante e acelerador de pega em traço de concreto convencional;
- Verificar a perda de abatimento do concreto;
- Verificar a interferência na resistência à compressão axial do concreto em diferentes idades;
- Elaboração dos gráficos de (Curva de abatimento x tempo) e ( $F_{ck}$  x idade).

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

Segundo Andrade e Helene (2010), o concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

A ideia de concreto surgiu nas construções do Império Romano por volta de 400 a.C., na época era denominado de cal pozolânica, e era formado por cal hidratada e cinza vulcânica. Os romanos perceberam que a mistura destes materiais resultava em uma espécie de aglomerante que endurecia após o contato com a água, a partir de então, as construções passaram a incorporar essa mistura, principalmente nas fundações, uma vez que o solo da região era extremamente arenoso (REGANATI, 2020).

O grande passo para o desenvolvimento das construções foi a descoberta do cimento Portland, Joseph Aspdin foi o inventor que deu o grande passo em direção ao desenvolvimento, por volta de 1824, ele obteve o material queimando argila e calcário moídos em altas temperaturas (REGANATI, 2020).

Pouco tempo depois, em 1849, Joseph Monier desenvolveu o primeiro concreto reforçado com aço, o que viria a ser o concreto armado que conhecemos hoje. Joseph percebeu que a grande fraqueza do concreto era sua baixa resistência a esforços de tração, pensou então em combinar a resistência a tração do aço com as características únicas do concreto, seus primeiros inventos foram cubas e tubos armados, mas a ideia logo se expandiu e começou a ser utilizada em diferentes situações (REGANATI, 2020).

No século XX, o concreto teve grande evolução do ponto de vista tecnológico, na década de 30 ele começou a ser produzido na usina o que ficou conhecido como concreto usinado, dando um grande salto em termos de qualidade e redução no tempo de fabricação, em 1980, já existia o concreto de alta resistência e o concreto reforçado com adição de fibras, além disso, dava-se início a introdução dos aditivos na produção de concreto usinado (REGANATI, 2020).

O concreto pode ser definido como um material composto por agregados particulados ou fragmentados (reforço) que se encontra em um meio aglomerante contínuo, denominada matriz, cuja característica é de estar presente em maior quantidade (GAVA *et al.*, 2001).

Almeida (2002) relata que o uso dessa mistura proporciona a construção de elementos de diversos formatos e funções capazes de resistir a intensos esforços e cargas, por isso, é largamente utilizado na construção civil. Após a mistura de seus componentes, o concreto assume uma plasticidade que o permite se moldar em formas e ser transportado, ou lançado através de bombas.

Conforme a passagem do tempo, o concreto vai endurecendo e se tornando mais coeso e resistente. Mas para garantir que o concreto trabalhe no seu melhor desempenho é preciso estudar as características de cada um do material componente, bem como os fatores que podem alterá-las, e o modo de execução (ALMEIDA, 2002).

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo composto por uma mistura de cimento, agregados graúdos (pedras), agregados miúdos (areia), água, aditivos e adições (sílica ativa) (TENOSIL, 2021).

O concreto é classificado como estrutural e não estrutural. O primeiro é utilizado na estrutura de uma construção, quando se faz necessário oferecer resistência suficiente para manter uma edificação em pé. O segundo como, por exemplo, o concreto magro, é utilizado em partes não estruturais do edifício, possuindo uma menor resistência (TECNOSIL, 2021).

Para se obter um concreto com boa resistência e impermeabilidade quando estiver no estado endurecido, deve-se atentar para a qualidade dos materiais utilizados, a proporção adequada entre eles, principalmente a relação água e cimento ( $a/c$ ), bem como os cuidados de adensamento adequado e a cura do concreto, que necessitam da hidratação mesmo depois de endurecido (ALMEIDA, 2002).

Aditivos e adições são produtos fundamentais para melhorar o desempenho do concreto. Historicamente, o uso desses materiais aumentou à medida que cresceu a necessidade de se obter concretos com características especiais (TECNOSIL, 2021).

### 3.2. COMPONENTES DO CONCRETO

O concreto é produzido a partir da união de 4 componentes básicos, cimento, areia, brita e água. Esses componentes, em suas devidas proporções, podem formar o concreto tal como conhecemos, portanto, ele é o resultado da união do aglomerante (cimento) com agregados (brita e areia), que são misturados através da água, o processo em si é uma reação química que tem como objetivo a formação de cristais de sílica, material responsável pelas propriedades de resistência do concreto endurecido (REGANATI, 2020).

### **3.2.1 Cimento**

O cimento é um aglomerante hidráulico, que em presença de água possui característica de aglutinar os agregados. Esses, por sua vez, são divididos conforme sua dimensão granulométrica, podendo ser agregados miúdos ou graúdos, e naturais ou artificiais (SOBRAL, 2000).

Segundo o guia básico de uso do cimento Portland da ABCP (2002), define-se cimento Portland como um "pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que adquire uma determinada dureza sob ação da água". Mesmo que entre em contato com água depois de endurecido, o cimento não volta a seu estado decomposto novamente.

O cimento é a matéria-prima mais importante utilizada na fabricação do concreto, é através do contato dele com a água que ocorre a reação química responsável pelas propriedades do concreto, o cimento é uma espécie de pó extremamente fino, formado basicamente por argila, calcário e gesso, em alguns casos, é adicionado outros componentes na fabricação do cimento para melhorar alguma de suas propriedades, como por exemplo argila pozzolânica ou escória (REGANATI, 2020).

O processo de fabricação do cimento é feito em uma indústria onde o calcário e a argila são trituradas e, posteriormente, aquecidos a temperaturas elevadas, cerca de 1400° C, o produto que sai do forno é o clínquer, que é a matéria-prima básica do cimento. O gesso é adicionado ao clínquer para aumentar o tempo de início da pega formando assim o cimento convencional, a partir disso, outros componentes podem ser adicionados para dar origem aos cimentos especiais como o CP IV por exemplo, que contém adição de argila pozzolânica (REGANATI, 2020).

### **3.2.2 Água**

Conforme Teixeira e Pelisser (2007), um outro importante componente do concreto é a água, que além de ajudar na trabalhabilidade e homogeneidade, pode influenciar com o aumento

da relação água/cimento na perda da vida útil e da resistência mecânica do concreto, já que há um aumento na porosidade da pasta endurecida.

### 3.2.3. Agregados

Segundo a norma 7211 de 2009, da ABNT, agregados do concreto são compostos por grãos de minerais duráveis e compactos que “não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. Para fazer o concreto, os agregados devem ter as seguintes características:

- Absorção de água;
- Resistência à compressão;
- Porosidade;
- Distribuição granulométrica.

Tais aspectos dependem da composição da rocha usada e no tipo de condição a que ela foi exposta antes de produzir o agregado bem como o equipamento utilizado para a sua fabricação.

#### 3.2.3.1 Agregados graúdos

O agregado do tipo graúdo é definido como pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis. Seus grãos passam na peneira de 152 mm da ABNT e ficam retidos na de 4,8 mm. Para fazer o concreto usado na construção civil, não importa se serão utilizados britas ou pedregulhos. A única preocupação aqui é com relação à qualidade dos agregados graúdos.

Os agregados graúdos precisam ser resistentes e limpos. Diferentemente dos agregados miúdos, os do tipo graúdo precisam ter granulação uniforme. Outra questão essencial nesse caso é que não haja segregação na hora da estocagem ou empilhamento. Isso porque, os grãos maiores geralmente ficam na base das pilhas.

#### 3.2.3.2 Agregados miúdos

A areia é um agregado miúdo originado por intermédio de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de outros processos industriais (TEODORO, 2013).

Pode-se considerar sendo um material natural ou artificial, como areia natural, pedrisco, seixo rolado, pedregulho natural (SOBRAL, 2000).

### 3.3. ADITIVOS MELHORADORES DO CONCRETO

A NBR 11728 (ABNT, 2011) diz que os aditivos, por definição, são produtos adicionados à argamassa ou concreto, imediatamente antes ou durante seu preparo, em quantidades inferiores a 5% da massa do material cimentício contida na mistura, com o objetivo de melhorar suas características tanto no estado fresco, quanto no endurecido.

Os aditivos possuem propriedades químicas, e as adições minerais atuam como objetivo de somar ou substituir parcialmente o cimento, já que possuem propriedades semelhantes (FONSECA, 2010).

Existem vários tipos desses aditivos e adições no mercado, como por exemplo os incorporadores de ar, plastificantes, superplastificantes, polifuncional, modificadores de pega – acelerador e retardador, modificador de viscosidade, fibras, isopor, sílica ativa, metacaulim entre outros.

#### 3.3.1 Superplastificantes

Aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite elevada redução no conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto; ou, ainda, aditivo que produz esses dois efeitos simultaneamente. Nessa classificação, o aditivo não apresenta função secundária sobre a pega (ABNT, 2011).

Os objetivos dos superplastificantes são: manter a trabalhabilidade da mistura mesmo quando se reduz a relação de água/cimento, melhorando sua resistência; facilitar a trabalhabilidade sem reduzir a quantidade de água e mantendo a resistência; reduzir a quantidade de cimento utilizada na mistura de concreto sem alterar a trabalhabilidade e a resistência; melhorar a coesão e a homogeneidade; reduzir a permeabilidade.

Os superplastificantes são considerados redutores de água, no entanto dentro da classe de redutores de água, encontramos três tipos: os plastificantes, os superplastificantes do tipo I e os plastificantes do tipo II. A principal diferença entre eles é a capacidade de reduzir a relação água/cimento:

- plastificantes: a redução deve ser maior ou igual a 5% em relação ao concreto de referência;
- superplastificantes do tipo I: o percentual deve ser maior ou igual a 12%;
- superplastificantes do tipo II: deve ser maior ou igual a 20%.

### 3.3.2. Aceleradores de pega

O acelerador de pega promove a reação imediata da água com o cimento, favorecendo o endurecimento do concreto em suas idades iniciais. Sendo importante para obras que necessitam rápida liberação, como execução de pré-moldados, anéis para túneis, sendo assim reduzem o tempo de desenforma, fundações, pavimentações e reparos que precisam de urgência. Algumas composições químicas são utilizadas como aceleradores de pega, como o carbonato de sódio, que proporciona pega imediata. Citando mais alguns exemplos, temos cloreto de alumínio, carbonato de potássio, fluoreto de sódio e o mais comumente utilizado, cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Em regiões mais frias, é utilizado o cloreto de cálcio para concreto projetado, pois ele eleva a temperatura da mistura logo nas primeiras horas (NEVILLE; BROOKS, 2013).

### 3.4 DOSAGEM DO CONCRETO

Para a determinação da dosagem ou traço do concreto, utiliza-se de alguns métodos para sua concepção, sendo o mais utilizado o método da ABCP. O traço de um concreto é o que define seu uso, podendo se obter concretos com maiores ou menores resistências e com características especiais quando incorporamos aditivos, por exemplo.

### 3.5. RESISTENCIA DO CONCRETO

A resistência à compressão do concreto está relacionada com a quantidade de tensão necessária para que certo material se rompa. A partir de dados da resistência muitas outras propriedades do concreto podem ser deduzidas, e ainda, comparado a ensaios envolvendo outras propriedades do concreto, o ensaio de resistência à compressão é relativamente fácil, e por este motivo, esta resistência normalmente é especificada em projetos de estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A resistência do concreto normalmente é considerada sua propriedade mais importante, embora que em algumas situações práticas, outras características como a permeabilidade e durabilidade podem ser fato mais importantes, mas a resistência à compressão fornece uma ideia geral da qualidade do concreto e, com isso, normalmente é aceita como índice geral do concreto (NEVILLE, 2016).

### 3.6. ABATIMENTO DO CONCRETO

Segundo Benetti (2007), a trabalhabilidade é feita pelo abatimento (deformação) provocado na massa de concreto pelo peso próprio. Sendo assim, é utilizado um cone de 10 a 20 cm de diâmetro e 30 cm de altura, onde é inserida uma massa de concreto em 3 camadas semelhantes, adensadas com 25 golpes cada uma com uma barra de 16 mm de diâmetro, logo em seguida remove-se levemente o molde. A diferença da altura do cone e a massa do concreto.

### 3.7. REOLOGIA DO CONCRETO

O concreto é considerado um material composto, tendo como componentes principais o cimento, os agregados e a água. No caso dos concretos, aditivos químicos e compostos minerais são incorporados à mistura “tradicional” para que uma variedade de propriedades e características seja obtida.

Do ponto de vista reológico, esse material pode ser entendido como uma concentração de partículas sólidas em suspensão (agregados) em um líquido viscoso (pasta de cimento). Em uma escala macroscópica, o concreto fresco flui como um líquido (CASTRO *et al.*, 2011).

Termos como trabalhabilidade, consistência, capacidade de escoamento, mobilidade e capacidade de bombeamento têm sido usados para descrever o comportamento do concreto no estado fresco (CASTRO *et al.*, 2011).

## 4. METODOLOGIA

A elaboração desta pesquisa possui natureza empírica, descritiva e quantitativa, uma vez que avaliou a influência dos aditivos na resistência do concreto.

Realizaram-se ensaios em laboratório da empresa parceira para avaliar as alterações nas propriedades do concreto com o uso de aditivo, sendo eles: aditivo superplastificante, acelerador de pega, cuja dosagem será indicada pelo fabricante em suas fichas técnicas. O experimento foi dividido em quatro etapas:

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

#### 4.1.1 Cimento

O tipo de cimento fornecido pela empresa parceira, para a pesquisa, foi o CP II F40. As tabelas 1 e 2 apresentam os teores médios dos componentes químicos e os valores médios das suas características físicas e mecânicas do cimento, respectivamente. Esses dados

são resultantes do ensaio de caracterização realizado pela empresa Votorantim Cimentos e foram disponibilizados através do seu boletim de ensaios de cimento.

Tabela 1 – Composição química média do cimento.

Elementos Químicos	PF %	MgO %	SO3 %	RI %
<b>Média</b>	4,9	3,0	2,6	2,4
<b>Desvio Padrão</b>	0,3	1,5	0,4	0,2

Fonte: Laudo Votorantim Cimentos (2022).

Tabela 2 – Características físicas e mecânicas do cimento.

Propriedades	Exp. a quente	Tempo de pega		Água cons. normal	Blaine	#200	#400	Resistência à compressão (MPa)		
	(mm)	Início (min)	Final (min)	%	(cm <sup>2</sup> /g)	%	%	1 dia	3 dias	7 dias
<b>Média</b>	0,0	153	202	30,2	5031	0,1	0,6	24,5	36,4	41,3
<b>Desvio Padrão</b>	0,0	13	15	0,1	108	0,1	0,3	1,5	0,8	0,9

Fonte: Laudo Votorantim Cimentos (2022).

#### 4.1.2 Agregados miúdos

Os agregados miúdos e graúdos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela empresa parceira. Como agregado miúdo, foi utilizada areia grossa, na tabela 3 são apresentados os resultados da distribuição granulométrica da areia, já normalizados, bem como os valores de referência, de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2011) e na Figura 1 é apresentada a curva granulométrica. Esses dados são resultantes da caracterização realizada pela empresa Ciplan Cimento e foram disponibilizados através do seu boletim de controle de qualidade.

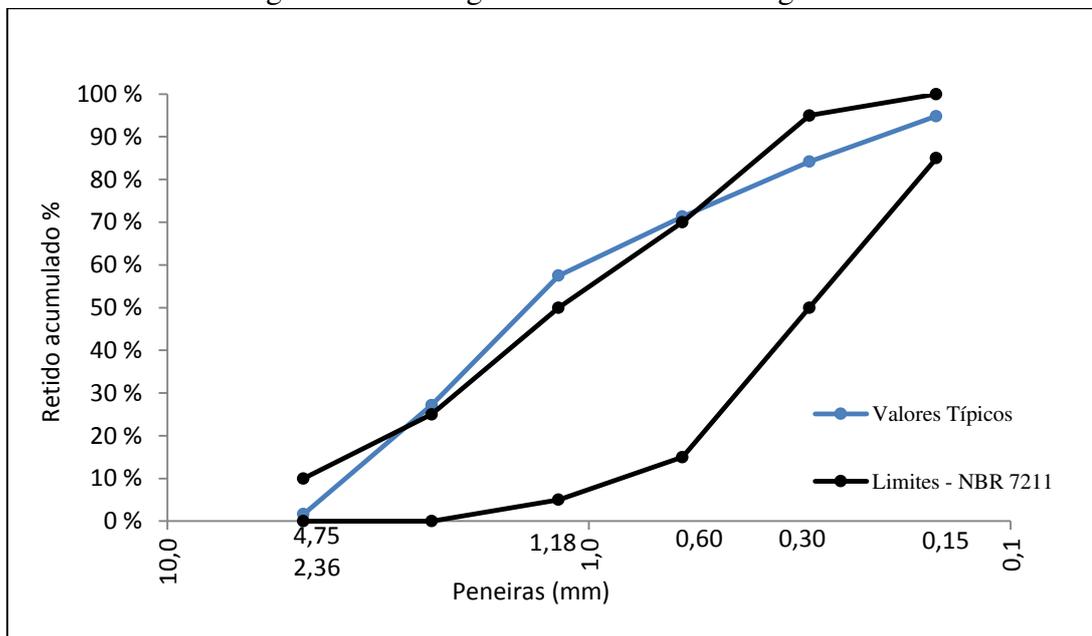
Tabela 3 – Caracterização granulométrica da areia grossa.

Peneiras (n°)		Limite Inferior NBR 7211/2009	Limite Superior NBR 7211/2009	Retido (%)	Retido Acumulado (%)
9,5	3/8"	0	0	0,00	0,00

6,3	1/4"	0	0	0,00	0,00
4,75	4	0	10	1,67	1,67
2,36	8	0	25	25,50	27,17
1,18	16	5	50	30,33	57,50
0,6	30	15	70	13,83	71,33
0,3	50	50	95	12,83	84,17
0,15	100	85	100	10,67	94,83
<b>Passante</b>				5,17	100,00

Fonte: Ciplan Cimento (2021).

Figura 1 – Curva granulométrica da areia grossa.



Fonte: Ciplan Cimento (2021)

O módulo de finura da areia grossa foi de 3,366.

#### 4.1.3 Agregados graúdos

Para a execução do traço utilizou-se a brita 1, na tabela 4 é apresentada os resultados da distribuição granulométrica, bem como os valores de referência, de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2009), e na Figura 2 é indicada a sua curva granulométrica. Esses dados são resultantes da caracterização realizada pela Ciplan Cimento e disponibilizados através do seu boletim de controle de qualidade.

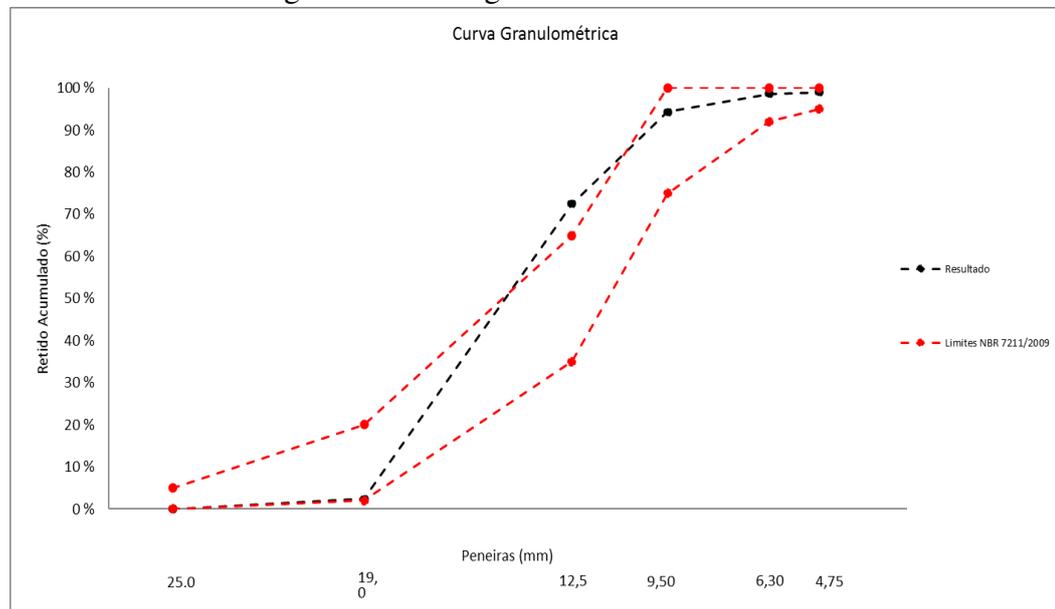
Tabela 4 – Caracterização granulométrica da brita 1.

<b>Peneiras (nº)</b>	<b>Limites Inferiores NBR 7211/2009</b>	<b>Limites Superiores NBR 7211/2009</b>	<b>Retido (%)</b>	<b>Retido Acumulado (%)</b>
----------------------	---	---	-------------------	-----------------------------

25,0	1"	0	5	0	0
19,0	3/4"	2	20	2	2
12,5	1/2"	35	65	70	73
9,5	3/8"	75	100	22	94
6,3	1/4"	92	100	4	99
4,75	N°4	95	100	0	99
<b>Passante</b>				1	100
<b>Total</b>				100	

Fonte: Ciplan cimento (2021)

Figura 2 – Curva granulométrica da brita 1.



Fonte: Ciplan Cimento (2021).

O módulo de finura da brita 1 encontrado foi de 6,96 e sua dimensão máxima característica foi de 19,0mm.

#### 4.1.4 Aditivos

##### 4.1.4.1 Aditivo superplastificante

Na execução dos traços do concreto, utilizou-se o aditivo superplastificante à base de ácidos policarboxílicos. Segundo o fabricante, esse aditivo é recomendado para indústria de pré-fabricados, concretos de alta resistência inicial, concreto de alto desempenho (CAD) e concreto auto adensável (CAA). Ele é especialmente indicado para a produção de concretos que exigem altas resistências iniciais, reduções significativas no uso de água e alta fluidez. A

dosagem recomendada desse aditivo é de 0,3% a 1,5% da massa do cimento utilizado. Na Tabela 5 são apresentados os dados de sua ficha técnica.

Tabela 5– Dados técnicos do aditivo superplastificante.

<b>Base química</b>	Solução de policarboxilatos em meio aquoso
<b>Aspecto/ cor</b>	Líquido marrom
<b>Ph</b>	4,5 ± 1,0
<b>Dosagem recomendada</b>	0,3 a 1,5% sobre o peso do cimento
<b>Densidade</b>	1,07 kg ± 0,02 kg/L

Fonte: Sika (2019).

#### 4.1.4.2 Aditivo acelerador

Durante a preparação dos traços de concreto, utilizou-se um aditivo acelerador à base de sais inorgânicos. De acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, esse aditivo é recomendado para a produção de concretos simples ou armados que necessitam de um endurecimento rápido, especialmente em calçadas, pisos, reparos urgentes, apoio de máquinas e em serviços onde uma rápida liberação da área seja necessária. A dosagem recomendada desse aditivo é de 0,5% a 2,0% da massa do cimento utilizado. Os dados técnicos do aditivo podem ser encontrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados técnicos do aditivo acelerador.

<b>Base química</b>	Solução de sais inorgânicos
<b>Aspecto/ cor</b>	Líquido amarelo
<b>Ph</b>	6,0 ± 1,0
<b>Dosagem recomendada</b>	0,5 a 2,0% sobre o peso do cimento
<b>Densidade</b>	1,35 kg/L

Fonte: Sika (2017).

#### 4.1.5 Traço referência

Proporção dos agregados em relação ao cimento utilizado assim como a relação água/cimento do concreto. Baseou-se o cálculo do traço no artigo de Coelho, Maciel e Pereira

(2020). O traço utilizado como referência para a análise deste trabalho, está apresentado na tabela 7, com valores em massa, para a produção de 1 m<sup>3</sup> de concreto.

Tabela 7– Componentes do traço referência.

<b>Cimento (Kg)</b>	<b>Brita 1 (Kg)</b>	<b>Areia (Kg)</b>	<b>Água (L)</b>
455	925	849	205

Fonte: Coelho; Maciel e Pereira (2020).

O traço foi ajustado em sua quantidade, de acordo com a proporção da capacidade da betoneira (25 litros), com a relação A/C final de 0,46.

Na tabela 8 são apresentadas as quantidades dos agregados que foram utilizados no traço. A dosagem dos aditivos será conforme suas fichas técnicas.

Tabela 8 – Componentes do traço utilizado.

<b>Cimento Kg)</b>	<b>Brita 1 (Kg)</b>	<b>Areia (Kg)</b>	<b>Água (L)</b>
11,47	22,85	20,97	5,3

Fonte: Autores (2023).

#### 4.2 ENSAIO DE ABATIMENTO DE TRONCO (*SLUMP TEST*)

O índice de consistência será avaliado nos tempos 0, 10, 20 e 30 minutos, seguindo as recomendações da NBR NM 67 (ABNT, 2020).

O *slump* referência será obtido no momento da produção do concreto, *slump* esse sem o uso de aditivo. A Figura 3 mostra o preparo para a realização do teste.

Figura 3 – Ensaio do *Slump Test* (abatimento).



Fonte: Autores (2023).

#### 4.3 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA E ENSAIO DE COMPRESSÃO

A moldagem dos corpos de prova e os ensaios de compressão foram realizados seguindo as recomendações descritas nas NBR 5738 (ABNT, 2016) e NBR 5739 (ABNT, 2018), respectivamente. A avaliação da resistência à compressão foi realizada nas idades de 1, 3 e 7 dias, com duas amostras por aditivo. Ao todo, foram confeccionados 12 corpos de prova (seis corpos de prova para cada aditivo) cada um com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, conforme as especificações das normas técnicas, conforme mostra a Figura 4. Os ensaios foram realizados no laboratório de uma empresa parceira. A moldagem dos corpos de provas para a realização do ensaio resistência à compressão, será feita após a verificação do *slump* no tempo 0 para cada aditivo utilizado.

Figura 4 – Preparo dos corpos de prova.



Fonte: Autores (2023).

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos encontram-se abaixo. Foi realizado o ensaio de abatimento de tronco e modelagem dos corpos de provas para a realização do teste de resistência à compressão, em um traço convencional.

### 5.1. ABATIMENTO (*SLUMP TEST*)

O experimento começou com a verificação do *slump* padrão sem aditivo e foi verificado um abatimento de 15 cm, com isso, foi colocado o *slump* 15+- 2 cm, como referência.

Na produção do concreto com aditivo acelerador, utilizou-se 0,58% sobre a massa do cimento, ou seja, foram utilizados 64 ml do aditivo. A Tabela 9 mostra os resultados do abatimento para as amostras com aditivo acelerador.

Tabela 9 – resultados do abatimento com o aditivo acelerador.

<b>Tempo (minutos)</b>	<b>Slump (cm)</b>
0	17
10	16
20	14,5
30	13,5

Fonte: Autores (2023).

A quantidade do aditivo superplastificante utilizado correspondeu a 0,13% em relação à massa do cimento, o que equivale a 15 ml. Os resultados do teste são apresentados na tabela 10.

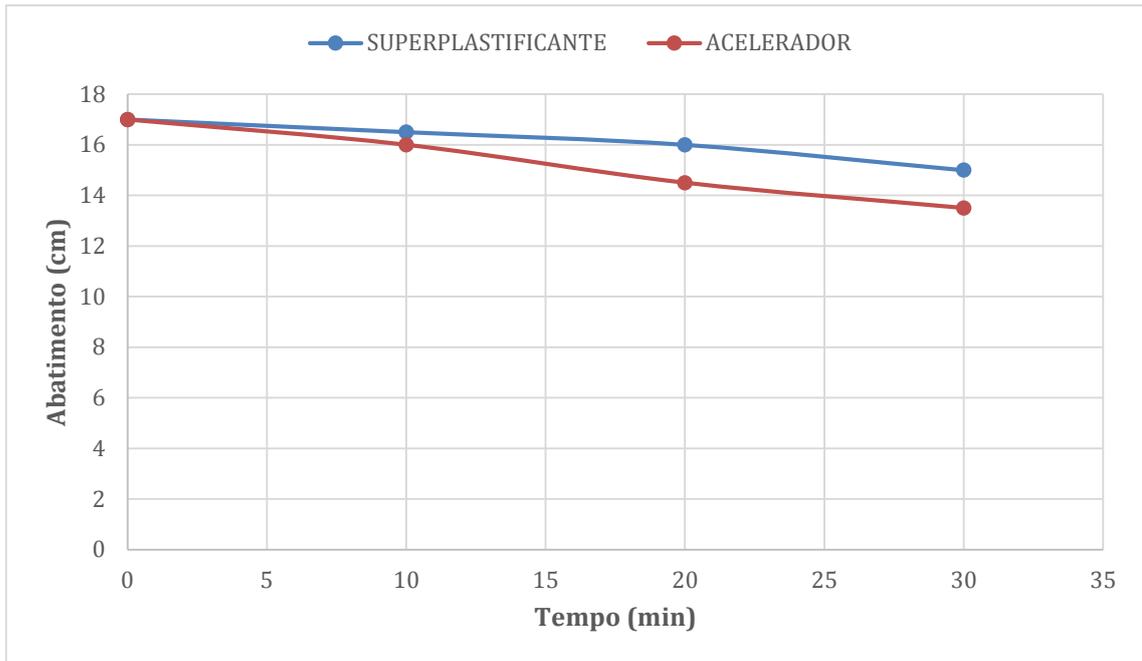
Tabela 10 - resultados do abatimento com o aditivo superplastificante.

<b>Tempo (minutos)</b>	<b>Slump (cm)</b>
0	17
10	16,5
20	16
30	15

Fonte: Autores (2023).

Na Figura 5 apresenta um comparativo do ensaio entre os dois aditivos.

Figura 5 – Comparação dos resultados do abatimento.



Fonte: Autores (2023).

Observa-se que os dois aditivos apresentaram um comportamento semelhante, o abatimento permaneceu constante para o superplastificante conforme o esperado, e o acelerador teve uma redução a partir do tempo 10 no seu abatimento.

Alves *et. al* (2019) realizaram um estudo e analisaram o abatimento do concreto fresco submetido a diferentes teores de aditivo superplastificante e observou-se que o concreto com a 0,13% de superplastificante apresentou um abatimento de 12,5cm.

Comparado os resultados deste trabalho com os de Alves *et. al* (2019), verifica-se que apresentou maior resultado de abatimento (17 cm) para o presente estudo.

Schereen *et al.* (2017) estudaram a influência de aditivos superplastificantes (0,4 e 0,8%) a base de policarboxilato na resistência a compressão e propriedades no estado fresco de um cimento Portland, e obtiveram como resultados aumento na fluidez com incorporação de aditivo.

Sendo assim, o estudo de Schereen *et al.* (2017) corrobora com os resultados deste estudo.

Os superplastificantes promovem a dispersão dos grânulos de cimento, deixando que a água fique disponível, promovendo a maior fluidez da mistura (MELO *et al.*, 2009). Dessa forma, os valores para o abatimento do superplastificante são maiores que os resultados do acelerador.

## 5.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

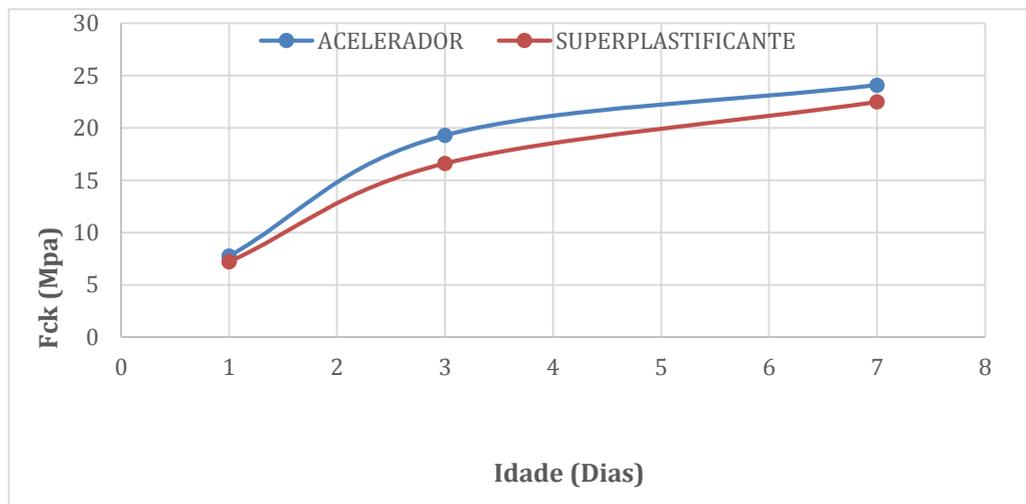
Os resultados da resistência à compressão encontram-se logo a seguir.

Tabela 11 – Resistência à compressão das amostras com aditivos.

ADITIVOS	IDADES	FCK (MPA)
SUPERPLASTIFICANTE	1	7,21
		7,14
	3	16,62
ACELERADOR	7	22,50
		20,78
	1	7,75
ACELERADOR	3	6,52
		19,29
	7	16,26
ACELERADOR	7	24,09
		21,94

Fonte: autores (2023).

Figura 6 – Resultados da resistência à compressão.



Fonte: Autores (2023).

Benetti (2007) realizou um estudo, onde analisou diferentes dosagens de acelerador e a resistência à compressão em diferentes idades do concreto. Verificou-se que com 0,58% do aditivo, a resistência inicial foi de 16 MPa em 2 dias e com 7 dias apresentou 25 MPa. Dessa forma, observa-se que o comportamento de ambos estudos foram semelhantes para a mesma quantidade de aditivo e idades.

Espera-se que o acelerador tenha uma resistência inicial maior nos primeiros dias, uma vez que ele acelera as reações químicas entre o cimento e a água.

Para Neville e Brooks (2013), o uso de acelerador não há danos à resistência final do concreto, enquanto que sua resistência inicial é aumentada com todos os tipos de cimento Portland.

O aditivo superplastificante, quando utilizado corretamente a longo prazo, é possível se obter uma resistência maior, como também conferir uma maior durabilidade ao concreto. Segundo Gasparin (2017, p. 27), também "os aditivos redutores de água além de influenciar positivamente nas taxas de hidratação do cimento, contribuem consideravelmente para o ganho de resistência inicial, e influenciam no ganho de resistência final."

Os resultados mostraram que o concreto com o uso de superplastificante apresentou uma resistência inicial semelhante ao concreto com o acelerador, pois segundo a ficha técnica do produto (SIKA-VISOCRETE-5700), é especialmente indicado para a produção de concretos que requerem altas resistências iniciais e excelente fluidez. Por isso, que o superplastificante e o acelerador apresentaram a mesma resistência em 1 dia. Logo em seguida, o concreto com acelerador foi aumentando gradualmente a sua resistência, sendo maior que o concreto com superplastificante.

Com esse comportamento do concreto com superplastificante pode-se classificá-lo, segundo NBR11728 (ABNT, 2011) como superplastificante tipo II, pois são compostos de polímeros (solução de policarboxilato em meio aquoso) e ainda como superplastificante acelerador de pega tipo I e II, sendo que segundo os resultados, apresentou a mesma desenvoltura do concreto com acelerador.

Tutikian (2008) relata que os aditivos superplastificantes à base de policarboxilatos são os mais utilizados nos concretos autoadensáveis, pois melhoram sensivelmente a dispersão das partículas de cimento quando comparados aos aditivos de primeira e segunda geração. Isso ocorre porque os superplastificantes tradicionais são baseados em polímeros que as partículas de cimento adsorvem e que se acumulam em sua superfície.

Tutikian (2008) ainda diz que os superplastificantes são os mais aconselhados para a utilização no CAA (Concreto auto adensável), por serem aditivos superplastificantes de alta eficiência que dispersam e desfloculam as partículas de cimento. Assim, permitem a redução da água das misturas em até 40%, mantendo a mesma trabalhabilidade.

Espera-se que concretos com o uso do acelerador apresentem altas resistências iniciais, no entanto, isso não foi observado no presente trabalho.

O estudo de Benetti (2007) mostrou que o aumento da dosagem de acelerador (4%), aumenta consideravelmente a resistência inicial do concreto (18 MPa em 2 dias), alcançando 36 MPa em 28 dias. Sendo assim, é importante o ajuste da dosagem deste aditivo para alcançar os resultados desejados, bem como fazer mais testes com o aumento dos dias (até 28 dias).

Foi utilizado o acelerador SIKKA 3 PLUS, porém foi observado que o mesmo não foi acondicionado corretamente conforme as orientações do fabricante, pois este já havia sido usado e estava aberto, esses fatores podem ter diminuído a eficiência do mesmo. Dessa forma, não foram alcançados os resultados esperados.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ensaio de resistência a compressão é um importante procedimento para o controle tecnológico do concreto, porém, apresenta variações nos resultados devido a diversas variáveis que o ensaio possui.

O uso de aditivos é um avanço tecnológico para obter concreto com boa qualidade e desempenho, evitando desperdício e otimização do tempo.

Como objetivo proposto neste trabalho, foram realizadas análise do uso de aditivos, através dos ensaios de abatimento de tronco e resistência. Após a realização, foram construídos gráficos comparativos para melhor análise dos resultados obtidos.

Analisando os resultados da resistência de ambos aditivos, concluímos que o acelerador utilizado não apresentou um comportamento esperado, pois não teve um bom desempenho na sua resistência inicial que deveria ser mais alta.

Quanto ao teste de abatimento de tronco, foi observado que ambos concretos com acelerador e superplastificante, apresentaram boa trabalhabilidade.

Segundo a NBR11728 (ABNT, 2011), os aditivos podem ser usados até 5% da massa cimentícia, sendo assim, pode-se aumentar a quantidade dos aditivos e a realização de mais testes em intervalos de tempo maiores para obter resultados desejáveis e compatíveis com a literatura.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Boletim Técnico**: Guia Básico de Utilização do Cimento Portland. São Paulo, 2002.
- ALMEIDA, PROF. MSC. L. C. **CONCRETO: ESTRUTURAS IV – CONCRETO ARMADO**. Notas de Aula. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, Campinas, 2002.
- ALVES, S.M.F; BOAS, C. P.V; CAPUCHINHO, F.F.; GANIM, G.R. **Análise do abatimento do concreto fresco submetido a diferentes teores de aditivo superplastificante**. Universidade Estadual de Goiás. 2019.
- BENETTI, R. K. **Traços de Concreto Convencional com Incorporação de Aditivo Acelerador de Pega: Análise da Resistência nas Primeiras Idades**. 2007. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2007.
- CASTRO, A.L; LIBORIO, J.B.L; PANDOLFELLI, V.C. **Reologia de concretos de alto desempenho aplicados na construção civil – Revisão**. Universidade Federal de São Carlos. 2011.
- CIPLAN, **Controle de qualidade de agregados**, disponível em: <https://www.cipla.com.br/>, 2022.
- COELHO, A.R.; MACIEL, L.D.; PEREIRA, H.R.S. Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência. **Revista Matéria**. 2020.
- GASPARIN, L. **Avaliação da Influência do Aditivo Plastificante Multifuncional Redutos de Água na Resistência Mecânica do Concreto Dosado pelo Método ABCP**. 2017. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Centro Universitário Univates. Lajeado, 2017.
- GAVA, P. P.; MENEGUETTI, L. C.; DALCANA, P. R.; POSSAN, E. Concreto de normal e alta resistência – definição do teor de aditivo redutor de água e dosagem para materiais da região do oeste do Paraná. **Anais...** do 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 2001.

HELENE, P., e ANDRADE, T. (2010). Concreto de Cimento Portland. *In: G. C. Isaia (org.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo. IBRACON. p. 905-944.

HELENE, Paulo R. L. e TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993. Acesso em: 10 abr. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELO, K. A.; MARTINS, V. C.; REPETTE, W. L. Estudo de compatibilidade entre cimento e aditivo redutor de água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 45-56, 2009.

NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 78-83; 150-153; 293-319.

REGANATI, B. **A história do concreto**. Blog do concreto. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>. 2020. Acesso em: 25 maio 2023.

SCHEEREN, S. C.; SALUM, P. L.; KIRCHHEIM, A. P.; RODRÍGUEZ, E. D. 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**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 129-141, 2017.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do Concreto Fresco**. 6. ed. Associação Brasileira de Cimento Portland. 2000.

TEIXEIRA, R. B.; PELISSER, F. Análise da Perda de Resistência à Compressão do Concreto com Adição de Água para Correção da Perda de Abatimento ao Longo do Tempo. **Revista de Iniciação Científica da UNESC**. 2007.

TEODORO, Sabrina Bastos. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. 2013. 65f. Trabalho de Conclusão (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

TUTIKIAN, B. F. Tutikian. **Método para dosagem de concretos autoadensáveis**. São Paulo: Pini, 2008.

VOTORANTIM, **Boletim de ensaio de cimento**, disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br> 2022.

Apêndice A

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu,

David Pereira de Queiroz RA 33879

Declaro, com o aval de todos os componentes do grupo a:

AUTORIZAÇÃO (X)NÃO AUTORIZAÇÃO ( )

Da submissão e eventual publicação na íntegra e/ou em partes no Repositório Institucional da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS e da Revista Científica da FacUnicamps, do artigo intitulado: Avaliação da influência de aditivos na

resistência do concreto convencional

de autoria única e exclusivamente dos participantes do grupo constado em Ata com supervisão e orientação do (a) Prof. (a): Helena Oliveira Tenório

Curso: Engenharia Civil Modalidade afim \_\_\_\_\_

O presente artigo apresenta dados válidos e exclui-se de plágio.

David Pereira de Queiroz

Assinatura do representante do grupo

Assinatura do Orientador (a):

Goiânia, 25 de julho de 2023.