

MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO

Um Estudo sobre os métodos ABCP e Caldas Branco

1ª Edição
2024

Celso Amaral Cordeiro

EDITORA KREATIK

Celso Amaral Cordeiro
Organizador(a)

MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO:
Um Estudo sobre os métodos ABCP e Caldas Branco

EDITORA KREATIK
ITAJUBÁ – BRASIL
2024

© 2024 – KREATIK

editora.kreatik.com.br

✉ publicacao@kreatik.com.br

Editoração, Arte e Capa: Editora Kreatik

Editor(a) Chefe: Thaise Ribeiro Luz

Revisão: Respectiveos autores

Conselho Editorial

Prof. Me. Ernany Daniel de Carvalho Gonçalves

Prof. Me. João Paulo Chaves Barbosa

Prof. Dr. Vinicius de Carvalho Paes

B611

MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO: Um
Estudo sobre os métodos ABCP e Caldas Branco /
Organizador(a) Celso Amaral Cordeiro. Itajubá, MG:
Editora Kreatik, 2024.
35p. : il.

Formato: PDF

Requisito de Sistema: Adobe Acrobat Reader

Inclui bibliografias

ISBN 978-65-980742-2-7

1. Cimento. 2. Concreto. 3. Métodos de dosagem.
4. Construção. I. Cordeiro, Celso Amaral II. Título

CDD: 624

Os **conteúdos** dos artigos científicos incluídos nesta publicação são de **responsabilidade** exclusiva dos seus respectivos **autores**.

SUMÁRIO

Capítulo 1 _____ página 4

ANÁLISE DA DOSAGEM DE CONCRETO: NÃO ESTRUTURAL E ESTRUTURAL ATRAVÉS DO MÉTODO ABCP

Gustavo Victor dos Santos Miranda, Wesley Washington Santos Faria, Kallel Silvano França Santos, Fernanda Andrade Dutra, Stênio Cavalier Cabral, Celso Amaral Cordeiro.

Capítulo 2 _____ página 20

ANÁLISE DO MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO: NÃO ESTRUTURAL E ESTRUTURAL ATRAVÉS DO MÉTODO CALDAS BRANCO

Guilherme de Souza Mesquita, Cirineu dos Santos Macedo, Thiago Mathias Fernandes Paranhos, Gisele Monteiro de Sousa, Stênio Cavalier Cabral, Celso Amaral Cordeiro.

Biografias _____ página 34

ANÁLISE DA DOSAGEM DE CONCRETO: NÃO ESTRUTURAL E ESTRUTURAL ATRAVÉS DO MÉTODO ABCP

Gustavo Victor dos Santos Miranda

Wesley Washington Santos Faria

Kallel Silvano França Santos

Fernanda Andrade Dutra

Stênio Cavalier Cabral

Celso Amaral Cordeiro

RESUMO

O concreto é um material muito importante ao longo da história da humanidade e com o passar do tempo foi sendo aprimorado para suprir a demanda da sociedade, com isso, é de suma importância métodos capazes de aprimorar e agilizar o processo de dosagem, visto que o consumo do concreto só cresce ao passar dos anos. Diante dessa situação, este trabalho visa explorar o Método ABCP para dosagem de concretos estruturais e não-estruturais, por meio de análises de ensaios a compressão de corpos de prova de acordo com as normas da ABNT, buscando entender os procedimentos, aplicabilidade do método e consumo de agregados graúdos, miúdos, cimento e fator água-cimento.

Palavras-chave: Agregados, cimento, concreto, dosagem, traço.

A evolução e o desenvolvimento dos materiais de construção são a espinha dorsal das estruturas que nos cercam. Desde os tempos antigos, o homem tem buscado aprimorar a formulação do concreto, superando as limitações do passado e desenvolvendo tecnologias cada vez mais avançadas (Silva et al., 2018). O concreto, um dos materiais mais utilizados na engenharia civil, destaca-se por sua versatilidade, resistência e durabilidade, sendo aplicado em uma ampla gama de obras (Mehta e Monteiro, 2014).

Com os avanços científicos e tecnológicos, surgiram métodos e técnicas mais refinados para a dosagem e produção de concreto, garantindo não apenas a resistência estrutural, mas também a durabilidade das construções (Santos e Oliveira, 2019). A dosagem de concreto é um processo crítico, ao determinar as proporções dos materiais constituintes necessários para atender aos requisitos específicos de cada aplicação.

A importância da dosagem adequada do concreto não pode ser subestimada. Uma dosagem incorreta pode comprometer a resistência da estrutura e sua durabilidade, resultando em problemas como fissuração, deterioração prematura e falhas estruturais (Neville, 1997). Portanto, é essencial utilizar métodos precisos e confiáveis na dosagem do concreto.

Neste contexto, o Método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) surge como uma abordagem específica e reconhecida para a dosagem de concreto. Fundamentado em princípios científicos e práticas consolidadas, esse método oferece uma estrutura sistemática para a determinação das proporções ideais de materiais, considerando as características dos componentes, as exigências de resistência e durabilidade, bem como as condições de aplicação (ABCP, 2020).

O objetivo deste artigo é explorar a aplicação do Método ABCP na dosagem de concretos não estruturais e estruturais, apresentando os procedimentos adotados, os resultados obtidos e as conclusões alcançadas. Por meio da análise dos ensaios de compressão realizados em corpos de prova conforme as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), buscou-se insights valiosos sobre a eficácia e a aplicabilidade deste método, contribuindo para o aprimoramento das práticas de dosagem de concreto e para a qualidade das construções (ABNT, 2018).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A dosagem de concretos, tanto estruturais quanto não estruturais, é um processo fundamental na construção civil, influenciando diretamente a resistência, durabilidade e desempenho das estruturas (Silva et al., 2018). Historicamente, a dosagem do concreto evoluiu de um processo empírico, baseado principalmente em tentativa e erro, para métodos mais sistemáticos e científicos.

Entre os métodos convencionais, destacam-se os Métodos de Dreux-Gorisse e o Método de Abrams, que foram essenciais para o avanço na precisão das dosagens (Santos e Oliveira, 2019). No entanto, garantir a precisão e a confiabilidade desses métodos ainda é um desafio constante na engenharia civil.

No contexto dos concretos não estruturais, como pisos, lajes e revestimentos, a atenção à dosagem específica é crucial para assegurar a trabalhabilidade e durabilidade do material. A escolha adequada dos materiais e suas proporções ajuda a evitar problemas como segregação, exsudação e fissuração, garantindo a qualidade do concreto (Silva et al., 2018). Por outro lado, nos concretos estruturais, a dosagem assume um papel ainda mais crítico, uma vez que a resistência e a durabilidade da estrutura dependem diretamente da qualidade do concreto utilizado. Métodos como o Método ABCP têm sido amplamente adotados devido à sua confiabilidade e eficácia na determinação das proporções ideais de materiais (Santos e Oliveira, 2019).

O Método ABCP oferece uma abordagem sistemática e cientificamente embasada para a dosagem de concreto, considerando as características dos materiais e as exigências específicas de resistência e durabilidade da estrutura. Estudos demonstram a relevância e a eficácia deste método em diversos contextos de construção (Silva et al., 2018; Santos e Oliveira, 2019).

Outro aspecto crítico na produção de concreto é a escolha e a qualidade dos agregados utilizados. Os agregados, que constituem aproximadamente 70-80% do volume do concreto, desempenham um papel vital nas propriedades finais do material. A correta seleção e proporção dos agregados não apenas afetam a resistência e durabilidade do concreto, mas também sua trabalhabilidade e resistência ao desgaste (Mehta e Monteiro, 2014). Portanto, a análise dos agregados, suas características e impacto no concreto é essencial para qualquer estudo sobre dosagem e produção de concreto.

AGREGADOS

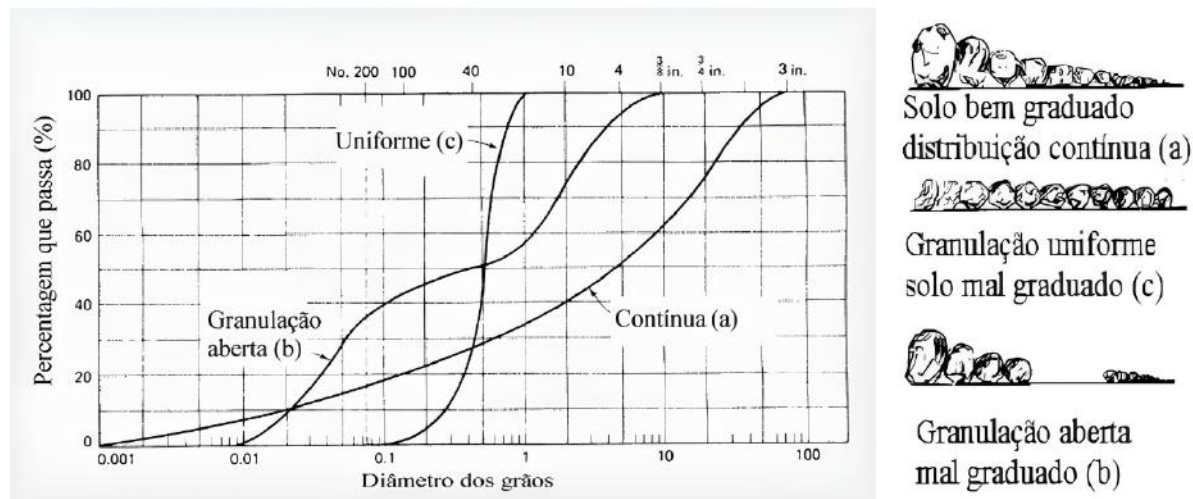
Os agregados são os elementos adicionados ao cimento e à água para formar o concreto. Eles se apresentam em diferentes formas, como brita e areia, consistindo em grãos que compõem a estrutura do material. Apesar de não reagirem significativamente com os aglomerantes e a água, e serem geralmente mais econômicos, os agregados foram frequentemente vistos como simples materiais de preenchimento no concreto de cimento Portland (Ribeiro, 2002).

No entanto, é importante destacar que sua presença desempenha um papel crucial na resistência, durabilidade e outras propriedades do concreto, influenciando diretamente sua qualidade e desempenho. Portanto, sua seleção e utilização devem ser cuidadosamente consideradas para garantir um concreto de alta qualidade e adequado às necessidades específicas da aplicação em questão.

De acordo com Lara (2013), a curva granulométrica representa a distribuição dos grãos, os

quais são separados por meio de peneiramento. Essa distribuição fornece informações sobre as dimensões dos grãos, apresentando-se como uma curva contínua. Os agregados que apresentam escassez em alguma dimensão de partícula são classificados como mal graduados, enquanto aqueles com abundância na mesma dimensão são considerados uniformes, também enquadrando-se na categoria de mal graduados. Por outro lado, os agregados que demonstram equilíbrio em todas as dimensões são classificados como bem graduados (Ribeiro, 2002). A Figura 1 ilustra as curvas referentes aos três exemplos mencionados.

Figura 1 – Curvas granulométricas



Fonte: (COSTA et al., 2023)

Do ponto de vista econômico, apesar de os agregados representarem aproximadamente 70% do volume total do concreto e possuírem um custo consideravelmente menor em comparação com o cimento, sua escolha e utilização adequadas desempenham um papel crucial. Especialmente no que diz respeito aos agregados finos, é possível alcançar significativas economias no consumo de cimento para obter a trabalhabilidade e resistência desejadas (Weidmann et al., 2008). Essa consideração ressalta a importância de uma seleção criteriosa dos materiais constituintes do concreto, visando não apenas a eficiência econômica, mas também a qualidade e desempenho do material final.

Agregados Miúdos

Os agregados podem ser classificados como artificiais ou naturais. As areias e pedras provenientes do britamento de rochas são consideradas artificiais, uma vez que requerem a intervenção humana para modificar o tamanho dos grãos. Por outro lado, as areias extraídas de rios ou barrancos são classificadas como naturais, pois sua origem não envolve intervenção humana direta (Lara, 2013). Essa distinção é importante para compreender as diferentes fontes e processos de obtenção dos agregados, o que pode influenciar suas características e propriedades no contexto da aplicação em concreto.

A norma NBR 7211/2022 estabelece as características exigidas para a produção dos agregados miúdos de origem natural. Agregados miúdos são definidos como areias cujos grãos passam pela peneira ABNT de 4,8mm e sendo retidos na peneira ABNT 0,075mm. Essa definição delimita o tamanho dos grãos que compõem os agregados miúdos e é fundamental para garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos para sua utilização na produção de concreto e outros materiais de construção.

Para os agregados deste tipo, é crucial que haja uma variedade de tamanhos de grãos, garantindo assim uma distribuição granulométrica adequada. Isso é essencial para um preenchimento eficiente dos espaços vazios no concreto, promovendo uma melhor compactação e coesão do material. Além disso, é fundamental considerar a quantidade de líquido presente na areia, pois a proporção de água tem um impacto direto na resistência e durabilidade do concreto (Lara, 2013). Portanto, ao selecionar e preparar os agregados miúdos, é necessário atentar para a sua granulometria e teor de umidade, visando alcançar as propriedades desejadas no concreto final.

Agregado Graúdo

A norma NBR 7211/2022 estabelece as características exigidas para a produção de agregados graúdos, os quais são provenientes de pedregulhos e britas. Esses agregados são definidos pelos grãos que passam pela peneira com abertura de 152mm e sendo retidos na peneira ABNT de 4,8mm. Essa definição estabelece os limites de tamanho dos grãos que compõem os agregados graúdos e é fundamental para garantir a conformidade com os padrões de qualidade necessários para sua utilização na produção de concreto e outros materiais de construção.

Os agregados graúdos requerem características específicas em comparação aos miúdos. Eles devem ser limpos e possuir boa resistência. Além disso, ao contrário dos agregados miúdos, os graúdos necessitam de uma granulometria uniforme. Isso significa que é importante haver uma distribuição equilibrada dos tamanhos dos grãos para garantir a qualidade e a eficácia do concreto produzido (Pinheiro; Giongo, 1986).

Outro aspecto relevante é a necessidade de evitar a segregação durante o armazenamento. Isso ocorre porque os grãos de tamanhos maiores tendem a se acumular na base das pilhas quando estocados. Portanto, medidas adequadas devem ser tomadas para garantir que os agregados graúdos sejam armazenados de forma apropriada, evitando a separação dos diferentes tamanhos de grãos e preservando assim a uniformidade necessária para a produção de concreto de alta qualidade (Salles et al., 2021).

TIPOS DE CIMENTOS

O cimento é composto principalmente por clínquer, calcário, argila e componentes químicos, o que o torna suscetível a adições de outros materiais. Por exemplo, o gesso pode ser adicionado para controlar o tempo de pega do cimento, aumentando sua funcionalidade durante a aplicação

(Lima, 2011).

Como um dos materiais fundamentais na construção civil, o cimento desempenha um papel essencial como aglomerante na produção de concreto e argamassa. No mercado brasileiro, há uma variedade significativa desse produto, cada um com características distintas que os tornam adequados para diferentes aplicações na construção (Castro; Liborio; Pandolfelli, 2011).

Portanto, a diversidade de tipos de cimento disponíveis oferece aos profissionais da construção a possibilidade de escolher o produto mais adequado às exigências específicas de cada projeto, considerando fatores como resistência, tempo de pega, durabilidade e ambiente de aplicação. Essa variedade contribui para a eficiência e a qualidade das obras construídas (Castro; Liborio; Pandolfelli, 2011).

O cimento CP-I é considerado o tipo mais básico de cimento, pois, com exceção do gesso, não recebe adições de outros produtos em sua composição. Geralmente, não é recomendado para obras que estarão expostas a ambientes mais agressivos. Este tipo de cimento está disponível em classes de resistência de 25, 32 e 40 MPa, proporcionando uma ampla gama de opções para atender às necessidades específicas de cada projeto. Sua simplicidade e versatilidade o tornam uma escolha comum para uma variedade de aplicações na construção civil (Neto, 2021).

Neto (2021) destaca que o cimento Portland composto (CP-II), devido à adição de outros materiais em sua mistura, além da composição básica de clínquer e gesso, libera menos calor quando em contato com a água. Atualmente, estão disponíveis três variações desse tipo de cimento: CP-II E, CP-II Z e CP-II F. O CP-II E é composto com adição de material pozzolânico, o CP-II Z possui adição de carbono, e o CP-II F contém adição de escória de alto forno. Essas variações oferecem diferentes características e propriedades, como resistência à sulfatação, durabilidade e resistência inicial, atendendo às diversas demandas da construção civil. Além disso, estão disponíveis em diferentes classes de resistência, incluindo 25, 32 e 40 MPa, ampliando as opções para os profissionais da construção selecionarem o cimento mais adequado para cada aplicação específica.

O cimento Portland de alto forno, CP-III, é composto por aproximadamente 35% a 70% de escória de alto forno em sua formulação. Essa adição confere ao cimento características como alta resistência à expansão, boa durabilidade e baixo calor de hidratação. O CP-III é disponibilizado em classes de resistência de 25 e 32 MPa, oferecendo uma variedade de opções para atender às necessidades específicas de diferentes projetos na construção civil. Essas propriedades tornam o CP-III uma escolha popular em aplicações que exigem resistência e durabilidade, além de contribuir para a eficiência e qualidade das obras construídas (Cabral; Lima, 2024).

Dentre os diversos tipos de cimento, o cimento Portland pozzolânico (CP-IV) se destaca por apresentar o maior teor de pozolana em sua composição, variando entre 15% e 50%. Essa adição de pozolana confere ao CP-IV uma alta durabilidade e resistência, além de proporcionar uma

excelente resistência em ambientes ácidos. Disponível nas classes de resistência de 25 e 32 MPa, o CP-IV oferece uma ampla gama de opções para atender às demandas de diferentes projetos na construção civil. Essas características tornam o CP-IV uma escolha vantajosa em aplicações que requerem desempenho e durabilidade em condições adversas (Souza et al., 2020).

O cimento Portland de alta resistência inicial, também conhecido como CP-V, apresenta uma composição de clínquer com dosagens diferentes de calcário e argila. Sua principal característica é a capacidade de alcançar alta resistência nos primeiros dias após a aplicação, além de manter uma resistência superior aos demais ao final dos 28 dias de cura. Essa combinação de propriedades o torna uma escolha eficaz em projetos que demandam resistência imediata e duradoura, proporcionando assim uma maior segurança e confiabilidade às estruturas construídas (Cabral; Lima, 2024).

USO DO CONCRETO NA ATUALIDADE

O concreto é o material mais utilizado na construção civil em todo o mundo, e sua importância na atualidade vai muito além do simples fato de ser um material de construção básico. Com o avanço da tecnologia e a crescente demanda por soluções mais sustentáveis e eficientes, o concreto tem passado por constantes inovações, resultando em uma série de novas aplicações e melhorias em suas propriedades.

De acordo com Helene (2010), os EUA e Canadá, dois dos países mais desenvolvidos do mundo priorizam o investimento em estudos na área de estruturas em concreto armado por considerarem a importância da vanguarda nesse setor como essencial para que os seus cidadãos tenham qualidade de vida, e também, que o setor é uma área estratégica dentro dos seus parques industriais.

O concreto é composto basicamente pelo agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia), água e cimento Portland, mas, com o passar do tempo e a crescente demanda do mercado da construção civil para realização de obras cada vez mais complexas foi necessário melhorar certas características do concreto de acordo com o tipo de obra a ser realizada ou até mesmo adicionar uma nova. Diante deste cenário, surgem os aditivos que são produtos químicos que tem como função melhorar a eficiência do concreto. O grau de efetividade dos aditivos depende de uma série de fatores no ato da mistura, como concentração do aditivo, classe do cimento utilizado, temperatura ambiente, porosidade dos agregados, tempo que a mistura após pronta permaneceu na betoneira, dentre outros (Dreher e Polesello 2021 apud Neville e Brooks 2013). Os aditivos se dividem nas seguintes classes: plastificante, retardador, acelerador, plastificante, acelerador, plastificante e retardador, incorporador de ar C. No Brasil, atualmente temos a NBR 11768 (2019): Aditivos químicos para concreto de cimento portland, que regulamenta o uso desse material. Esses aditivos possibilitaram a evolução do concreto e assim favoreceram a

criação de soluções modernas e eficientes como:

- **Concreto permeável:** mistura de cimento Portland, agregado graúdo, água, ausência ou pouca quantidade de agregado miúdo e aditivos para a melhora de resistência, durabilidade e trabalhabilidade. Essa mistura após a cura gera um concreto com altíssimo índice de vazios deixando-a porosa. Essa característica é útil para várias aplicações, principalmente na área da pavimentação, pois reduz o escoamento superficial (Faria 2019, apud Duarte e Kronka 2006).
- **Concreto auto adensável:** mistura de cimento Portland, agregado graúdo, água, agregado miúdo, aditivos super plastificantes e modificadores de viscosidade. Essa mistura possui alta fluidez sendo possível o bombeamento em grandes distâncias, sendo elas horizontais ou verticais, além disso, elimina a necessidade de vibração. Conforme Filho (2022), o concreto auto adensável pode ser utilizado moldado in loco e também na indústria de pré-moldados. Sendo possível ser dosado no canteiro de obras ou em centrais de concreto, e em seguida transportado por meio de caminhão betoneira para as construções, onde poderá ser lançado com bombas de concreto, guas ou simplesmente espalhado.
- **Concreto com fibras:** mistura de cimento Portland, agregado graúdo, água, agregado miúdo e fibras (aço, carbono, aramida, vidro, propileno), ao adicionar as fibras na mistura espera-se um ganho de resistência à tração (grande ponto fraco do concreto tradicional) e maior capacidade de deformação, no Brasil temos desde de 2007 uma norma vigente para regulamentar o uso de fibras de aço que é a NBR 15530 (2007). De acordo com Arquez (2010), as fibras são materiais descontínuos e esbeltos, sendo assim, elas têm comprimento maior que as dimensões de sua seção transversal. O objetivo de se adicionar as fibras no concreto se deve ao fato delas potencializarem as características da matriz cimentícia no período pós-fissuração, funcionando como pontes de transmissão de tensões entre as duas faces da abertura.

Além da evolução e inovação no processo de elaboração do concreto houve também evoluções e inovações no processo de utilização e modelagem do mesmo, sendo possível citar a impressão 3D de concreto. Esse processo consiste na fabricação de estruturas complexas de concreto com geometrias personalizadas. Esta técnica oferece uma maior liberdade de design e pode reduzir significativamente o desperdício de material em comparação com os métodos tradicionais de construção. É possível a fabricação desde pequenos elementos decorativos até toda alvenaria de uma residência. Uma das técnicas de impressão 3D de concreto é a Concrete Printing

desenvolvida na faculdade Loughborough University, essa técnica se baseia na construção por extrusão de argamassa cimento, sendo assim, ela permite grande controle de geometria interna e externa. Uma das vantagens dessa técnica é a incorporação do molde à construção, não gerando descarte de material (Porto 2016 apud LIM et. al, 2012).

O concreto continua a ser um dos materiais mais importantes e versáteis na construção civil, e as inovações tecnológicas estão ampliando ainda mais suas aplicações e melhorando suas propriedades. Desde concreto auto adensável até a impressão 3D de concreto, as possibilidades são infinitas. Com o foco crescente na sustentabilidade e eficiência, podemos esperar que o concreto continue evoluindo e desempenhando um papel crucial na construção do futuro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A seção a seguir apresentará os materiais utilizados neste estudo, bem como os métodos empregados para a realização dos ensaios. Estes materiais foram selecionados com base em suas propriedades e características específicas, visando atender aos requisitos de resistência, durabilidade e desempenho do concreto. Os ensaios foram conduzidos conforme normas técnicas brasileiras, garantindo a qualidade e a confiabilidade dos resultados.

Serão abordados detalhes sobre o Cimento Portland CP III-40, o agregado miúdo (areia industrializada) e o agregado graúdo (brita 1), bem como a água utilizada na mistura. Além disso, serão descritos os métodos empregados para a análise granulométrica, massa unitária e massa específica dos agregados, essenciais para a dosagem precisa do concreto.

CIMENTO PORTLAND (CP III-40)

O cimento utilizado foi o Cimento Portland de Alto-forno (CP III-40), conhecido por sua alta resistência e durabilidade. Este tipo de cimento é adequado para ambientes agressivos devido à sua resistência à expansão e redução do calor de hidratação, propriedades proporcionadas pela adição de escória de alto-forno.

AGREGADO MIÚDO

A areia industrializada utilizada como agregado miúdo foi adquirida no município de Teófilo Otoni. Este tipo de areia possui granulometria controlada, o que contribui para a consistência e qualidade do concreto.

AGREGADO GRAÚDO

A brita 1 foi utilizada como agregado graúdo, também adquirida em Teófilo Otoni. A brita 1 é conhecida por seu tamanho uniforme, fundamental para garantir a resistência e estabilidade da mistura de concreto.

ÁGUA

A água utilizada na mistura foi proveniente de um poço artesiano, garantindo assim uma qualidade adequada e livre de impurezas que poderiam comprometer a reação de hidratação do cimento.

MÉTODOS E ENSAIOS

Granulometria

A análise granulométrica foi realizada conforme a norma NBR NM 248:2003, determinando a distribuição dos tamanhos dos grãos dos agregados, assegurando uma boa compactação e resistência do concreto.

Massa Unitária

Este ensaio seguiu a norma NBR NM 45:2006, visando determinar a massa por unidade de volume dos agregados, essencial para calcular a quantidade exata de materiais na mistura de concreto.

Massa Específica

A massa específica dos agregados foi determinada de acordo com a norma NBR NM 52:2009, garantindo a precisão no cálculo das proporções dos materiais na mistura.

Secagem e Armazenamento dos Agregados

Os agregados foram secos em estufa a 100-110°C até massa constante e armazenados em condições adequadas para evitar variações de umidade que pudessem afetar a qualidade do concreto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RELAÇÃO ÁGUA CIMENTO PARA F_{ck} de 15 Mpa

O resultado deste ensaio será discutido à luz das propriedades dos materiais e das normas técnicas aplicáveis, com o objetivo de avaliar a eficácia do Método ABCP na dosagem de concretos não estruturais e estruturais. Após a realização prática do método ABCP foi obtido os seguintes resultados:

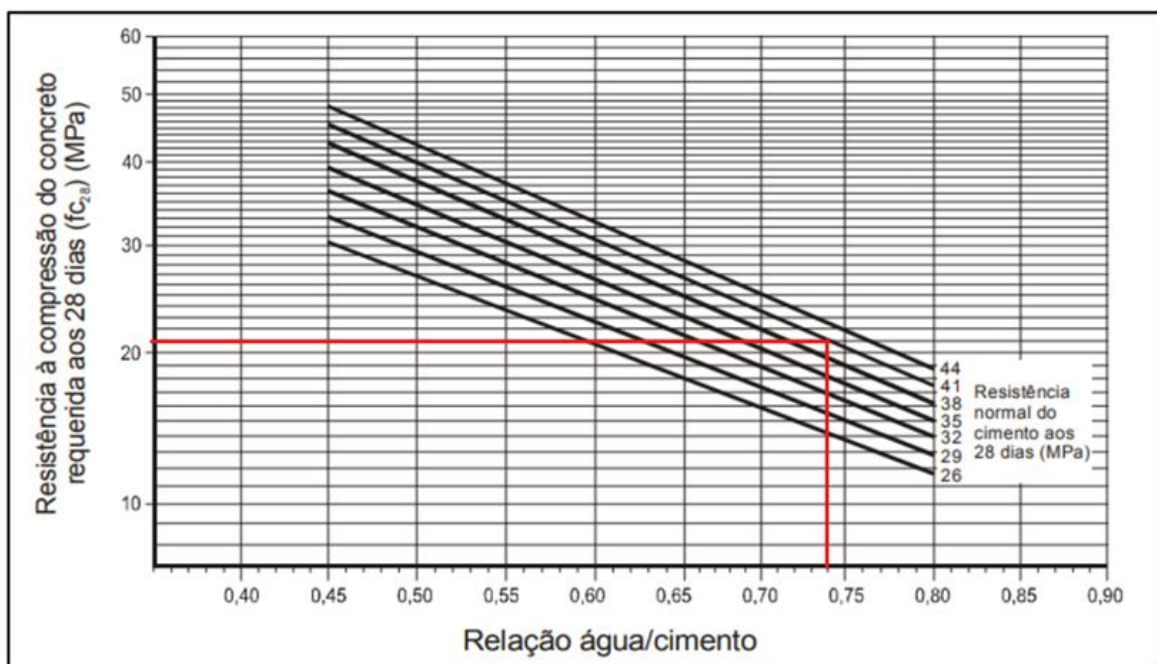
Tabela 1: Cálculo da relação água cimento com 28 dias

Cálculo para F_{ck} de 15 Mpa	
F_{ck} – Resistência característica à compressão	28 dias
$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \times \sigma =$ $F_{cj} = 15 + 1,65 \times 4 =$	21,60 MPa

Fonte: próprios autores.

Após a obtenção do F_{ck} , o valor foi levado até a curva de Walz, para a obtenção do fator água/cimento, obtendo o fator de 0,74, conforme a figura abaixo:

Figura 2 – Relação água cimento para F_{ck} 15 Mpa



Fonte: próprios autores.

- Consumo de cimento:

$$C_c = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{a/c} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0,74 \text{ kg/m}^3} = 277,02 \text{ kg/m}^3$$

- Consumo de agregado graúdo

$$P_b = V_b \times \gamma_b = 0,690 \text{ m}^3 \times 1353 \text{ kg/m}^3 = 933,570 \text{ kg/m}^3$$

- O volume de mistura foi determinado por

$$V_m = 1 - \left(\frac{277,02 \text{ kg/m}^3}{3100 \text{ kg/m}^3} + \frac{933,570 \text{ kg/m}^3}{2597 \text{ kg/m}^3} + \frac{205 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \right) = 0,346 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

- O consumo de agregado miúdo em massa foi calculado como

$$P_m = V_m \times \gamma_m = 2631 \text{ kg/m}^3 \times 0,346 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 910,74 \text{ kg}$$

- A proporção unitária foi obtida

$$\frac{277,02}{277,02} : \frac{910,74}{277,02} : \frac{933,570}{277,02} : \frac{205,00}{277,02}$$

- Apresentação do traço unitário

Relação apresentada na ordem cimento; agregado miúdo; agregado graúdo; (a/c).

$$1 : 3,28 : 3,37 : 0,74$$

RELAÇÃO ÁGUA CIMENTO PARA F_{ck} de 30 Mpa

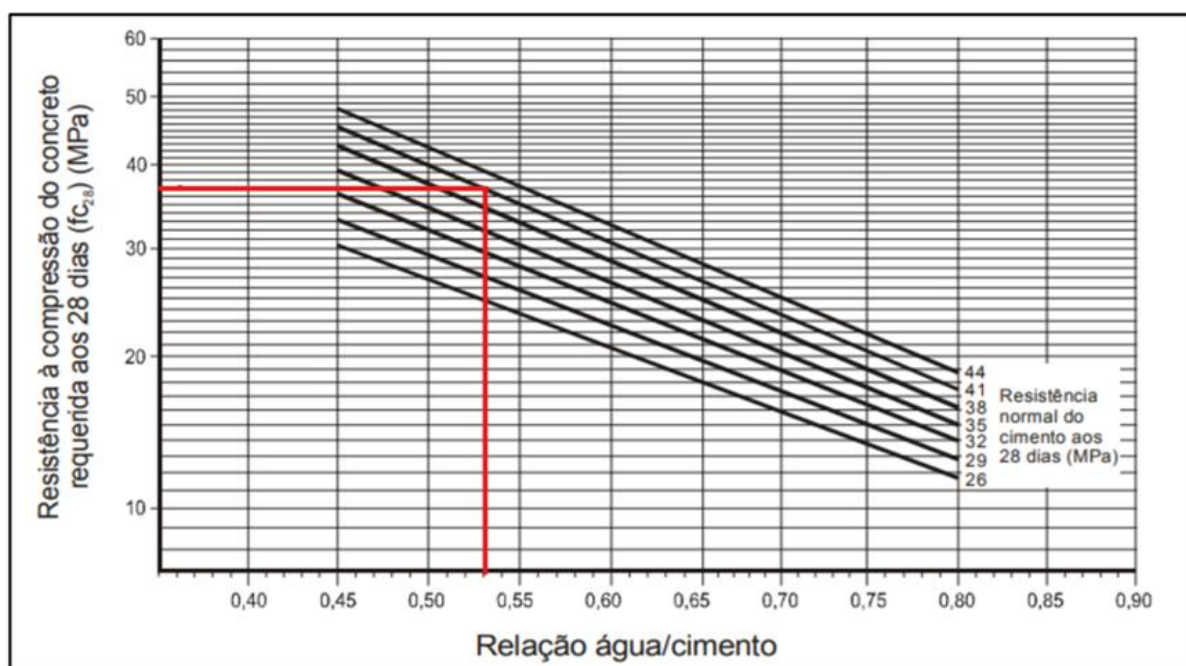
Tabela 2: Cálculo da relação água cimento com 28 dias

Cálculo para F_{ck} de 30 Mpa	
F_{ck} – Resistência característica à compressão	28 dias
$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \times \sigma =$ $F_{cj} = 30 + 1,65 \times 4 =$	36,60 MPa

Fonte: próprios autores.

Após a obtenção do F_{ck} , o valor foi levado até a curva de Walz, para a obtenção do fator água/cimento, obtendo o fator de 0,53, conforme a figura abaixo:

Figura 3 – Relação água cimento para F_{ck} 30 Mpa



Fonte: próprios autores.

- Consumo de cimento

$$C_c = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{a/c} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{0,53} = 386,80 \text{ kg/m}^3$$

- Consumo de agregado graúdo

$$P_b = V_b \times \gamma_b = 0,690 \text{ m}^3 \times 1353 \text{ kg/m}^3 = 933,570 \text{ kg/m}^3$$

- O volume de mistura foi determinado por

$$V_m = 1 - \left(\frac{386,80 \text{ kg/m}^3}{3100 \text{ kg/m}^3} + \frac{933,570 \text{ kg/m}^3}{2597 \text{ kg/m}^3} + \frac{205 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \right) = 0,310 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

- O consumo de agregado miúdo em massa foi calculado como

$$P_m = V_m \times \gamma_m = 2631 \text{ kg/m}^3 \times 0,310 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 815,61 \text{ kg}$$

- Cálculo do traço unitário

$$\frac{386,80}{386,80} : \frac{815,61}{386,80} : \frac{933,570}{386,80} : \frac{205,00}{386,80}$$

- Apresentação do traço unitário

Relação apresentada na ordem cimento; agregado miúdo; agregado graúdo; (a/c)

$$1 : 2,10 : 2,41 : 0,53$$

Comparamos os cálculos de dosagem de concreto com resistência característica (F_{ck}) de 15 MPa e 30 MPa com o trabalho de Aldo J. Boggio, “Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland”, no qual se consideram a resistência à compressão, a relação água-cimento, o consumo de materiais e o traço unitário do concreto. O artigo discute a dosagem que determina a resistência característica com base em ensaios laboratoriais. Os métodos discutidos são IPT/EPUSP, ABCP e ACI, utilizados para determinar a resistência ajustada do concreto.

Para concretos com F_{ck} de 15 MPa e 30 MPa, a resistência característica ajustada (F_{cj}) geralmente varia de 21 MPa a 23 MPa e de 35 MPa a 37 MPa, respectivamente, conforme discutido por Boggio. Os valores calculados de F_{cj} , 21,60 MPa para 15 MPa e 36,60 MPa para 30 MPa, estão dentro dos parâmetros mencionados no artigo, validando o método utilizado para o ajuste da resistência característica.

Boggio apresenta a relação água-cimento para diferentes classes de resistência. Para F_{ck} de 15 MPa, a relação a/c varia entre 0,65 e 0,75; para F_{ck} de 30 MPa, varia entre 0,50 e 0,60. Os valores calculados, 0,74 para 15 MPa e 0,53 para 30 MPa, estão dentro das faixas recomendadas pelo artigo, garantindo a durabilidade e as propriedades mecânicas do concreto.

O consumo de materiais (agregados graúdos e miúdos) é ajustado de acordo com a relação água-cimento e a densidade dos materiais, estando também de acordo com as práticas mencionadas no artigo. Boggio compara o consumo de materiais entre diferentes métodos de dosagem. Para F_{ck} de 15 MPa, o consumo de cimento varia de 250 a 300 kg/m³; para F_{ck} de 30 MPa, varia de 350 a 450 kg/m³. O consumo de cimento calculado, 277,02 kg/m³ para 15 MPa e 386,80 kg/m³ para 30 MPa, está dentro das faixas mencionadas no artigo.

O artigo fornece diferentes proporções para diferentes resistências. Para F_{ck} de 15 MPa, as proporções são de 1:3,3; para F_{ck} de 30 MPa, são de 1:3,2. As proporções calculadas, 1:3,28 para 15 MPa e 1:2,10 para 30 MPa, estão próximas das mencionadas no artigo, garantindo uma mistura homogênea e equilibrada.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios ficaram dentro das margens de outros trabalhos parecidos, como o realizado por Aldo J. Boggio, atestando que os resultados obtidos neste trabalho são satisfatórios e estão coerentes com os demais. Demonstra também a confiabilidade e eficácia do método ABCP, já que possibilita obter resultados satisfatórios de F_{ck} , relação água-cimento e consumo de materiais, de maneira simples e de fácil entendimento.

Sendo assim, é possível dizer que o método ABCP é uma ótima alternativa de escolha para situações de moldagem in loco, já que é um método de rápida execução, sendo necessário apenas seguir uma sequência de passos que são fáceis de compreender, não demandando grande experiência dos executores e ainda assim fornece um resultado interessante.

REFERÊNCIAS

CABRAL, L. M. C.; LIMA, L. M. de. Utilização de cimentos com adição na fabricação de tubos de concreto utilizados em obras de saneamento. DELOS: Desarrollo Local Sostenible, v. 17, n. 53, p. e1376–e1376, 2024.

WEIDMANN, D. F. et al. Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento portland. Florianópolis, SC, 2008.

LARA, L. A. M. Materiais de construção. Ouro Preto: IFMG, 2013.

NETO, H. F. D. Qualidade dos cimentos comercializados em mossoró-rn e são paulo-sp segundo as normas vigentes. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2021.

RIBEIRO, C. C. Materiais de construção civil. [S.l.]: Editora UFMG, 2002.

PINHEIRO, L. M.; GIONGO, J. S. Concreto armado: propriedades dos materiais. EESC/USP, 1986.

SALLES, P. V. et al. A importância da segregação do agregado reciclado na resistência e na durabilidade do concreto estrutural. Ambiente Construído, SciELO Brasil, v. 21, p.177–196, 2021.

LIMA, A. B. de. O processo produtivo do cimento portland. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

CASTRO, A. D.; LIBORIO, J. B. L.; PANDOLFELLI, V. C. A influência do tipo de cimento no desempenho de concretos avançados formulados a partir do método de dosagem computacional. Cerâmica, SciELO Brasil, v. 57, p. 10–21, 2011.

SOUZA, M. T. et al. Desempenho de concretos preparados com cimentos portland cp iv e cp v utilizando o método de dosagem ipt/epusp: Um estudo de caso. Tecno-Lógica, v.24, n. 2, 2020.

HELENE, Paulo. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Pernambuco: Ibracon, 2010. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>. Acesso em: 13 maio 2024.

FARIA, Andréia da Conceição de; SANTANA, Juliana Gomes; BARBOSA, Jairo Mendes; DONATO, Marina. PAVIMENTO DE CONCRETO DRENANTE: ESTUDO DA GRANULOMETRIA QUE FAVORECE A DRENAGEM E QUE AFETE O MÍNIMO NA RESISTÊNCIA. 2019. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Solos%20e%20Concreto%20I/7_205_AC.pdf. Acesso em: 13 maio 2024.

ABNT. Fibras de aço para concreto - Especificação. NBR 15530:07, ABNT, Rio de Janeiro. 2007.

ARQUEZ, Ana Paula. Aplicação de laminado de polímero reforçado com fibras de carbono (PRFC) inserido em substrato de microconcreto com fibras de aço para reforço à flexão de vigas de concreto armado. 2010. Disponível em: https://producaocientifica.eesc.usp.br/producao/2010ME_AnaPaulaArquez.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

LUIZ FILHO, Amilton. CONCRETO AUTO ADENSÁVEL: APLICABILIDADE E

VIABILIDADE ECONÔMICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2022. Disponível em: file:///C:/Users/gusta/Downloads/CONCRETO%20AUTO%20ADENS%C3%81VEL-%20APLICABILIDADE%20E%20VIABILIDADE%20ECON%C3%94MICA%20NA%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20CIVIL.pdf. Acesso em: 12 jun. 2024.

ABNT. NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - requisitos, Rio de Janeiro, 2019.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. ESTUDO DOS AVANÇOS DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D E DA SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2016. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2022/07/Estudo-dos-Avancos-da-Tecnologia-de-Impressao-3d-e-da-Sua-Aplicacao-na-Construcao-Civil.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2024.

DREHER, Anderson Luis; POLESELLO, Eduardo. Comportamento de Aditivos Plastificantes de Diferentes Fornecedores na Produção de Concreto. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/download/56852/40463>. Acesso em: 12 jun. 2024.

ANÁLISE DO MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO: NÃO ESTRUTURAL E ESTRUTURAL ATRAVÉS DO MÉTODO CALDAS BRANCO

Guilherme de Souza Mesquita

Cirineu dos Santos Macedo

Thiago Mathias Fernandes Paranhos

Gisele Monteiro de Sousa

Stênio Cavalier Cabral

Celso Amaral Cordeiro

RESUMO

O estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland desempenha um papel fundamental ao definir a proporção ideal entre os materiais constitutivos do concreto, conhecido como traço. No contexto brasileiro, a falta de um consenso sobre um método padrão de dosagem tem levado pesquisadores e profissionais da construção civil a desenvolverem abordagens personalizadas, muitas vezes confundidas com diretrizes institucionais. Este estudo abrange uma análise abrangente dos diversos aspectos relacionados ao cimento Portland, incluindo uma investigação detalhada sobre os agregados miúdos e graúdos, bem como as variadas tipologias de cimento disponíveis no mercado. É crucial destacar a importância da determinação precisa da dosagem e dos cálculos necessários, utilizando métodos como o de Caldas Branco, para garantir não apenas uma produção eficiente de concreto, mas também a otimização dos recursos utilizados. O método de Caldas Branco oferece uma abordagem prática e sistemática para ajustar a proporção dos componentes do concreto, levando em conta as características específicas de cada material. Além disso, ensaios rigorosos de compressão, moldagem e cura dos corpos de prova são fundamentais para validar a resistência, a durabilidade e a qualidade do concreto produzido, assegurando que atenda aos requisitos técnicos e de desempenho exigidos em diversas aplicações na construção civil.

Palavras-chave: Métodos de dosagem, concreto, Caldas Branco, Cimento Portland.

INTRODUÇÃO

O cimento desempenha um papel crucial na construção moderna, moldando cidades e estruturas contemporâneas. As matérias-primas necessárias para sua produção são de baixo custo e de fácil acesso. O desenvolvimento desse material tem melhorado a qualidade de vida por meio de sua aplicação em habitações e infraestrutura (Costa, 2017).

Com o passar do tempo, buscou-se melhorar a qualidade nos processos de construção, com isso desenvolveu-se o cimento Portland, um material pulverulento com propriedades aglomerantes que, quando misturado com água, adquire resistência mecânica após a cura. É utilizado em argamassas e concreto, oferecendo trabalhabilidade e resistência a intempéries e agentes agressivos (Costa, 2017).

O cimento é um dos principais componentes na produção de concreto armado, um material que se tornou fundamental na construção civil e na arquitetura a partir do século XX. Atualmente, são produzidos dezenas de milhões de metros cúbicos de concreto, tornando-o um dos materiais mais utilizados globalmente. Sua ampla aplicação na construção civil deve-se à sua grande versatilidade: no estado fresco, o concreto é moldável e adensável, possibilitando a criação de peças com diferentes formatos. Após endurecido, atinge resistências à compressão adequadas, permitindo que essas peças desempenhem suas funções eficazmente (Metha & Monteiro, 1994). Para a produção de concreto, são necessários agregados miúdos (menores que 4,8 mm) e graúdos (maiores que 4,8 mm), que também são essenciais para o cimento Portland, influenciando sua trabalhabilidade e resistência. Agregados miúdos, como areia, e graúdos, como brita, são misturados com cimento para formar concretos e argamassas (Sartorti et al. 2019).

A dosagem do concreto é fundamental para garantir resistência mecânica e trabalhabilidade. O método de Caldas Branco oferece uma abordagem prática e empiricamente fundamentada para dosar concretos, visando otimizar a proporção dos componentes e assegurar a qualidade do concreto. Ensaios de compressão e métodos de moldagem e cura de corpos de prova são necessários para validar a dosagem e a resistência do concreto (Tutikian & Helene, 2011).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para abordar de maneira abrangente a temática central deste estudo, é essencial realizar uma revisão bibliográfica detalhada, visando esclarecer diversos aspectos relacionados ao cimento Portland. Isso envolve não apenas uma análise dos diferentes tipos de agregados, mas também uma compreensão das várias variedades de cimento Portland disponíveis no mercado. Além disso, é crucial abordar a determinação da dosagem e realizar cálculos, utilizando o método de Caldas Branco, para assegurar uma abordagem precisa e eficaz na produção de concreto.

UMA BREVE DO CIMENTO PORTLAND

A palavra "cimento" tem origem no latim "caementum", que na Roma antiga referia-se a uma classe de pedra natural extraída de rochedos não esquadrejados. A história do cimento remonta a aproximadamente 4.500 anos. Os monumentos impressionantes do Egito antigo já faziam uso de uma pasta aderente feita de uma mistura de gesso calcinado (Battagin, 2009).

Num contexto histórico, o desenvolvimento do cimento remonta ao período anterior ao século XVIII, mas ganha destaque por volta de 1780, quando estudiosos e especialistas começaram a se dedicar à descoberta da formulação ideal para produzir o cimento hidráulico, ainda em estágio inicial de desenvolvimento. Durante esse período, a crescente demanda por materiais ligantes para uso em argamassas de revestimento externo levou a várias formulações e designações distintas, como "cimento romano" e "cimento britânico", entre 1780 e 1829 (SNIC, 2016).

Com base nas investigações conduzidas por (Castro, 2021), é possível traçar a origem do cimento até o período do Egito antigo, embora sua forma moderna, conhecida como cimento Portland, tenha sido oficialmente patenteada em 1824 por Joseph Aspdin, um cidadão britânico. Aspdin optou pelo nome "Portland" devido à semelhança da cor e da textura do material com as rochas encontradas na ilha britânica de Portland. No cenário brasileiro, a primeira fábrica de cimento foi estabelecida ainda no século XIX, na cidade de Sorocaba, no estado de São Paulo, marcando o advento do primeiro cimento Portland brasileiro em 1897.

Para (Maury; Blumenschein, 2012) o cimento desempenha um papel crucial na sociedade, moldando a face comum da civilização atual e de suas cidades. As obras e construções contemporâneas, especialmente nos grandes centros urbanos, dependem amplamente do cimento para funções de ligação, concretagem e elementos estruturais, entre uma infinidade de outros usos.

A utilização do cimento pode ser vista como um verdadeiro símbolo da civilização contemporânea, pois desde os albores do século XX tem representado uma solução econômica e de larga escala para desafios como a habitação e o estabelecimento de comunidades, bem como para a construção de monumentos da engenharia moderna. Sua matéria-prima, especialmente o calcário, é abundantemente disponível e relativamente acessível, o que faz do cimento uma escolha popular para projetos de todas as magnitudes em todo o mundo contemporâneo. Essa realidade está diretamente associada à melhoria da qualidade de vida das populações (Maury; Blumenschein, 2012).

O CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é a principal matéria-prima utilizada na indústria da construção, sendo empregado tanto em argamassas quanto em concreto. Trata-se de um material seco e

pulverulento com propriedades aglomerantes, que, quando misturado com água, pode se ligar a materiais inertes como areia e brita. Após um período específico de cura, o cimento, em contato com a água, tende a adquirir resistência mecânica devido à rigidez resultante de sua hidratação. Características como trabalhabilidade e moldabilidade, especialmente quando fresco, aliadas à sua resistência a intempéries e agentes agressivos quando endurecido pelo processo de hidratação, garantem uma ampla gama de aplicações para o cimento Portland. (Costa, 2017).

Segundo a (ABCP, 2002) o cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento Portland não se decompõe mais.

De acordo com os estudos conduzidos por Castro (2021), o cimento representa um elemento inorgânico de textura finamente granulada que, ao ser combinado com água, passa a assumir a forma de uma pasta. Esse composto, por sua vez, endurece mediante o processo de hidratação, garantindo assim sua resistência e estabilidade ao longo do tempo.

Em sua composição básica, o cimento Portland é predominantemente constituído pelo clínquer, uma mistura que engloba argila, calcário e minério de ferro, ao qual o gesso é incorporado em fases posteriores. O método de produção demanda aproximadamente 80% de calcário e 20% de argila, os quais são triturados, pré-aquecidos e, posteriormente, submetidos a altas temperaturas em um forno rotativo, alcançando até 1450 °C. Esse processo culmina na formação do clínquer, que representa cerca de 95% do conteúdo cimentício. Os 5% restantes consistem de gipsita, a qual, ao ser adicionada ao clínquer, é submetida à moagem para originar o cimento Portland, conforme ressaltado (Melo Neto, 2007).

O mercado dispõe de uma vasta gama de tipos de cimento, cada um com características e propriedades específicas que atendem aos diversos padrões de obras e projetos. Esses tipos de cimento se distinguem com base na quantidade de clínquer e na inclusão de aditivos, como gesso, escórias, pozolanas e materiais carbonáticos, que são incorporados durante o processo de moagem. A adição desses componentes às misturas de cimento tem o objetivo de modificar certas características do produto final, além de proporcionar benefícios ambientais, como a reutilização de resíduos, a redução das emissões de gases poluentes e a minimização da extração de matéria-prima (Lima, 2019).

TIPOS DE CIMENTO

O mercado oferece uma vasta gama de tipos de cimento, cada um com características e propriedades específicas que atendem aos diversos padrões de obras e empreendimentos. Esses tipos de cimento se distinguem principalmente pela quantidade de clínquer e pela presença de aditivos, como gesso, escórias, pozolanas e material carbonático, que são incorporados durante o processo de moagem. As adições às misturas de cimento visam modificar certas

características do produto final, além de proporcionar benefícios ambientais, como o aproveitamento de resíduos, a redução das emissões de gases poluentes e a diminuição da necessidade de extração de matéria-prima (Lima, 2019).

Atualmente encontram-se 6 tipos de cimento Portland segundo a norma ABNT NBR 16697, descritos na tabela 1. A tabela 2 por seu lado, trata-se dos limites de composição dos diferentes tipos de cimento.

Tabela 1: Tipos de Cimento Portland

Designação normalizada (tipo)	Subtipo	Sigla	Classe de Resistência à compressão aos 28 dias de idade (MPa)	Sufixo
Cimento Portland Comum	Sem adição	CP I	25,32 ou 40	RS ou BC
	Com adição	CP I – S		
Cimento Portland Composto	Com escória graduada de alto forno	CP II – E	25, 32 ou 40	RS ou BC
	Com material carbonático	CP II – F		
	Com material pozolânico	CP II – Z		
Cimento Portland de Alto-Forno		CP III		
Cimento Portland Pozolânico		CP IV		
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial		CP V	ARI	
Cimento Portland Branco	Estrutural	CPB	25,32 ou 40	
	Não estrutural	CPB	-	-

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 16697 (2018)

Tabela 2 – Limites de Composição do Cimento Portland (Porcentagens em massa)

Designação Normalizada	Sigla	Classe de Resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granuladora de altoforno	Material Pozolânico	Material Carbonático
Cimento Portland comum	CP I	25, 32 ou 40	95 – 100	0 - 5		
	CP I – S		90 – 94	0	0	6 – 10
Cimento Portland composto com escória granulada de alto-forno	CP II – E		51 – 94	6 – 34	0	0 – 15
Cimento Portland composto com material pozolânico	CP II – Z		71 – 94	0	6 – 14	0 – 15
Cimento Portland composto com material carbonático	CP II – F		75 – 89	0	0	11 – 25
Cimento Portland de alto forno	CP III	25, 32 ou 40	25 – 65	35 – 75	0	0 – 10
Cimento Portland pozolânico	CP V		45 – 85	0	15 – 50	0 – 10
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V	ARI	90 – 100	0	0	0-10
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	75 – 100	-	-	0 – 25
	Não estrutural		50 – 74	-	-	26 - 50

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 16697 (2018)

AGREGADOS

Conforme (ABCP, 2002) o cimento Portland, quando misturado com água e outros materiais de construção, como areia, pedra britada, pó-de-pedra, cal e outros, resulta em concretos e

argamassas utilizados na construção de casas, edifícios, pontes, barragens, entre outros.

No Brasil, o termo "agregados para a construção civil" é comumente utilizado para descrever uma categoria específica do setor mineral responsável pela produção de matéria-prima mineral bruta ou beneficiada, destinada diretamente à indústria da construção civil. Esta matéria-prima é composta principalmente por areia e rocha britada. No entanto, o termo "destinação direta à construção civil", presente na legislação mineral para categorizar certas substâncias minerais, não é totalmente preciso, uma vez que muitas vezes esses materiais são utilizados em composições, como concreto e argamassa, antes de serem aplicados efetivamente na construção civil. (Valverde, 2001).

Agregados Miúdos

Agregados miúdos são essenciais para o Cimento Portland, pois eles influenciam diretamente no cimento, tanto na facilidade de modelagem quanto na resistência do mesmo. Os agregados miúdos tem por norma ser inferior a 4.8 milímetros. (Sartorti et al, 2019).

Agregados Graúdos

Agregados graúdos são tão essenciais quando os Agregados miúdos, pois o mesmo desempenha o papel de resistência do Cimento Portland e também são essenciais para dar estabilidade para as estruturas, segundo a norma são Agregados Graúdos aquele material que tem o tamanho superior a 4.8 milímetros. (Sartorti et al, 2019).

DOSAGEM

É universalmente reconhecido que o procedimento de dosagem dos concretos de cimento Portland abarca os métodos essenciais requeridos para alcançar a proporção ideal entre os distintos componentes do concreto, frequentemente mencionada como traço. Essa proporção ideal pode ser estabelecida com base na massa ou no volume, sendo a representação em massa seca dos materiais a preferida devido à sua maior precisão e rigor. Tal abordagem meticulosa desempenha um papel crucial na asseguarção da qualidade e durabilidade das estruturas de concreto (Tutikian; Helene, 2011).

Segundo Tutikian; Helene (2011) a dosagem do Concreto Portland deve ser realizada de maneira eficaz para garantir uma boa resistência mecânica e trabalhabilidade adequada, adaptando-se a cada situação específica no dia a dia. A durabilidade também é um papel crucial, pois ao longo de sua vida útil, o concreto pode estar exposto a vários fatores que causam desgastes, assim reduzindo a sua vida útil. Além disso, a deformabilidade é um ponto importante, pois o concreto precisa possuir um módulo elástico adequado para evitar trincas sob qualquer força aplicada, mantendo assim sua resistência.

Conforme Helene (1993) observou, ocorreu uma grande mudança na abordagem em relação ao fornecimento dos materiais e seu impacto no comportamento dos conglomerados a partir do

século XIX, com a descoberta e a produção em larga escala do cimento Portland. Tipicamente, adota-se uma indicação mista, em que o cimento é quantificado em peso e os agregados em volume, utilizando o cimento como unidade de referência e detalhando-se as outras quantidades em relação a ele.

A quantidade de argamassa empregada no concreto é um fator fundamental para determinar uma dosagem ideal, levando em conta o tipo de cimento e agregados selecionados, visando estabelecer uma composição que proporcione o melhor desempenho com custo otimizado. Dessa forma, a formulação deve seguir métodos racionais, comprovados empiricamente, e estar em conformidade com as normas técnicas atualmente vigentes (Costa 2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

CIMENTO PORTLAND COMUM (CP I)

O cimento utilizado foi o Cimento Portland Comum (CP I), reconhecido por sua versatilidade e ampla aplicação. Este tipo de cimento é adequado para diversos ambientes devido à sua resistência padrão e propriedades de hidratação controlada, garantindo uma base sólida e confiável para uma variedade de construções.

AGREGADO MIÚDO

A areia industrial empregada como agregado miúdo foi adquirida no município de Teófilo Otoni. Este tipo de areia possui granulometria controlada, o que contribui para a consistência e qualidade do concreto.

AGREGADO GRAÚDO

A brita 1, que foi usada como agregado graúdo, também foi obtida em Teófilo Otoni. Esta brita é reconhecida por sua granulometria uniforme, essencial para assegurar a resistência e a estabilidade da mistura de concreto.

ÁGUA

A água empregada na mistura foi retirada de um poço artesiano, assegurando sua qualidade adequada e ausência de impurezas que poderiam prejudicar a reação de hidratação do cimento.

MÉTODOS E ENSAIOS

A dosagem no método Caldas Branco não se restringe aos aspectos teóricos, mas também incorpora a experiência prática do engenheiro responsável pela dosagem, constituindo-se assim em uma abordagem prática e fundamentada empiricamente.

Por meio de uma análise detalhada na literatura sobre o método de dosagem Caldas Branco, nota-se que este método oferece a flexibilidade necessária para a utilização do concreto tanto em aplicações estruturais quanto não estruturais. Este método permite a otimização da proporção dos componentes do concreto, visando atingir as propriedades específicas desejadas para diferentes tipos de obras.

Os concretos foram preparados com dosagens projetadas para atingir resistências de 30 MPa e 15 MPa, utilizando o método tabelado conhecido como "Calculador Caldas Branco" (Tabela 2). Este método fornece a dosagem precisa com base no peso dos agregados. Abílio de Azevedo Caldas Branco, um pioneiro na sistematização da fabricação de concreto desenvolveu este método durante as obras realizadas no Rio de Janeiro na década de 1970. Ele é também o autor da monografia "12 Traços em Sequência", que detalha sua abordagem inovadora na dosagem de concretos.

Tabela 3 - Tabela de dosagem (adaptado de Branco, 1974)

TRAÇO EM "PÊSO" CORRESPONDENTES (CIMENTO:AREIA: BRITA) 1:	CONSUMO POR m ³ DE CONCRETO FRESCO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PROVÁVEIS (kg/cm ²)	Nº DE ORDEM NO PROGRAMA DE ESTUDOS
	CIMENTO (kg)	28 dias	
1,08 : 1,98	514	400	TRAÇO Nº 1
1,63 : 2,94	387	350	TRAÇO Nº 2
2,17 : 2,44	374	298	TRAÇO Nº 3
2,17 : 2,94	344	254	TRAÇO Nº 4
2,71 : 2,94	319	228	TRAÇO Nº 5
2,17 : 3,92	297	210	TRAÇO Nº 6
2,71 : 3,42	293	195	TRAÇO Nº 7
2,71 : 3,22	276	185	TRAÇO Nº 8
2,71 : 4,89	246	157	TRAÇO Nº 9
3,25 : 4,89	229	124	TRAÇO Nº 10
3,25 : 5,87	208	100	TRAÇO Nº 11
4,34 : 7,83	161	NÃO	TRAÇO Nº 12

Os traços apresentados na Tabela (3) referem-se a concretos previamente testados em laboratório, onde foram realizados um grande número de ensaios. Para cada traço, foram conduzidos ensaios de compressão em corpos de prova cilíndricos com dimensões de 15 cm x 30 cm.

De acordo com a Tabela (3), para os traços utilizados nesta pesquisa, os correspondentes a 30

MPa e 15 MPa são os números 03 e 09, respectivamente. A tabela fornece a dosagem em peso nas proporções de 2,17; 2,44 e 2,71:4,89 (cimento: areia: brita). Assim, o cimento, os agregados e a água serão medidos em massa.

ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

Para o concreto no seu estado fresco, foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone, que é um dos ensaios mais importantes dentro do controle tecnológico do concreto. Esse ensaio foi feito seguindo a norma ABNT NBR NM 67:1998. Esta norma tem como objetivo determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento.

MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

A norma ABNT NBR 5738:2015 deixa de forma explícita todos os procedimentos para a realização da moldagem e cura do corpo de prova visando a uniformidade e a qualidade dos mesmos.

A moldagem do corpo de prova é um processo fundamental, pois garante a precisão laboratorial que visa resultados realistas quando submetidos a ensaios de resistência, durabilidade, dentre outras propriedades mecânicas.

Para começar a modelagem é essencial preparar todos os equipamentos necessários, que incluem, formas, ferramentas de adensamento e agentes desmoldantes. Este é um processo rigoroso que leva uma maior integridade do concreto. As formas devem ser colocadas em uma superfície rígida, nivelada e com a mínima absorção de água, além de serem revestidas de agentes desmoldantes. Logo após a preparação da forma o concreto deve ser colocado em camadas, sendo que as quantidades de camadas variam de acordo com a dimensão do corpo de prova, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Número de camadas para moldagem dos corpos de prova

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

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

^B No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: ABNT NBR 5738 (2018)

O adensamento é crucial para os testes pois garante homogeneidade do corpo de prova. Esse processo pode ser realizado de forma manual ou mecânica, sendo a manual feita com uma haste na qual são realizados golpes no concreto, já na forma mecânica são utilizados vibradores mecânicos. O corpo de prova é formado em camadas e a última deve ser nivelada e alisada com uma régua ou colher para obter um acabamento uniforme.

CURA DOS CORPOS DE PROVA

De acordo com a norma ABNT NBR 5738:2015, os corpos de prova devem ser colocados em um local longe de vibrações e em superfície lisa por no mínimo 24 horas. Após esse período os corpos de prova devem ser armazenados em um local onde há um controle de temperatura e umidade por um período de tempo padrão. Assim, finalizando a realização de todos os passos de forma correta o corpo de prova já está pronto para ser retificado e testado.

RETIFICAÇÃO DE CORPO DE PROVA

Para assegurar que as forças sejam aplicadas uniformemente na superfície dos corpos de prova, foi realizada uma retificação padronizada para nivelar as superfícies. Esse procedimento garante que o corpo de prova tenha uma superfície lisa e perpendicular ao seu eixo longitudinal.

A retificação é executada em um corpo de prova por vez e em apenas um lado por vez. Se feita sem o devido cuidado, pode comprometer o paralelismo entre as superfícies e, assim, prejudicar a distribuição das forças aplicadas aos corpos de prova.

DISCUSSÕES

Considerando todas as etapas do processo de dosagem e fabricação do concreto, o método Caldas Branco destaca-se como um excelente recurso didático. Ele permite explorar as diversas fases do concreto, evidenciando características como resistência mecânica, coesão e trabalhabilidade do cimento fresco. Assim, esse método auxilia tanto estudantes quanto profissionais da construção civil a entenderem os aspectos fundamentais do comportamento do concreto, desde sua mistura inicial até seu desempenho final nas estruturas, promovendo um aprendizado prático e detalhado das propriedades e do manuseio do material.

O método Caldas Branco é particularmente eficaz para pequenas e médias obras, onde sua aplicação é simples e o controle das proporções dos materiais pode ser feito com maior precisão. Esse método permite um excelente gerenciamento da qualidade do concreto, atendendo às necessidades específicas dessas construções de menor escala. No entanto, para grandes obras, o método apresenta limitações significativas. Ele precisa ser rodado em betoneiras, o que pode ser logisticamente complicado e ineficiente para projetos de grande porte.

O alto teor de aglomerante empregado nesse método aumenta significativamente a resistência

à compressão, o que contribui positivamente para a durabilidade do concreto. Essa maior proporção de cimento melhora a coesão e a densidade da mistura, resultando em um concreto mais resistente ao desgaste.

A dosagem feita pelo método Caldas Branco apresenta uma desvantagem econômica, já que o alto teor de cimento utilizado impacta diretamente no custo. Essa necessidade de um maior teor de cimento visa alcançar o concreto ideal para a sua aplicação, atendendo aos requisitos de lançamento, adensamento, acabamento e resistência final das peças de concreto confeccionadas. Contudo, mesmo com um custo inicial mais elevado, a durabilidade superior do concreto pode reduzir a necessidade de reparos e manutenção ao longo do tempo, tornando-se um investimento mais vantajoso a longo prazo.

No quesito sustentabilidade, o alto teor de cimento eleva a emissão de carbono (CO₂), além disso, reflete no uso de recursos naturais para a fabricação do aglomerante, já que a demanda maior de cimento provoca uma maior intensidade na extração de matérias primas, como calcário e argila, causando um impacto ambiental negativo.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo investigar os procedimentos técnicos e práticos na dosagem de concreto utilizando o método Caldas Branco. A pesquisa abordou toda a metodologia e os processos executivos necessários para obter os traços desejados, fundamentados na literatura disponível.

Observa-se que o método Caldas Branco adota uma abordagem direta em sua aplicação, dispensando a necessidade de ensaios prévios com os agregados antes do início dos procedimentos. Ele se baseia exclusivamente em dosagens predefinidas disponíveis na literatura especializada. Compreender todos os procedimentos envolvidos é crucial para garantir a eficácia e a precisão durante o processo, dada sua natureza técnica e experimental, que inclui o uso de laboratório e medidas precisas para manter a consistência nos resultados.

Adicionalmente, o trabalho explorou a aplicabilidade do método em diferentes contextos de construção. Foi observado que o método é particularmente adequado para pequenas e médias obras, onde a precisão e o controle proporcionados são vantajosos. No entanto, para grandes obras, surgem limitações devido à necessidade de uso de betoneiras e ao alto custo do cimento, o que pode tornar o método menos viável economicamente.

Conclui-se, portanto, que o método Caldas Branco é uma ferramenta valiosa para a dosagem de concreto em determinados contextos, oferecendo um excelente equilíbrio entre qualidade e controle dos materiais. No entanto, sua aplicação em projetos de grande porte deve ser avaliada com cautela, considerando os desafios logísticos e econômicos que podem surgir.

ABCP, Associação Brasileira de cimento Portland. Guia básico de utilização do cimento portland., 7.ed. São Paulo, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Comitê Mercosul de Normatização, 11p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018. NBR 16697: Cimento Portland- Requisitos. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro.

BATTAGIN, A. F. Uma breve história do cimento Portland. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2009.

COSTA, Lawrence Francisco. Estudo do bagaço da cana de açúcar como material para construção civil no estado de Pernambuco – sistema ternário com metacaulim e cal hidratada. Caruaru/PE: Universidade Federal do Pernambuco, 2017, 87p. Dissertação de Mestrado.

CASTRO, V. G. Cimento Portland. In: Compósitos madeira-cimento: um produto sustentável para o Futuro [online]. Mossoró: EdUFERSA, 2021, pp. 13-21. ISBN: 978-65-87108-26-1.

HELENE, Paulo R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 1993. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

LIMA, João Afonso Néo de Andrade. Rotina do processo produtivo e equipamentos para fabricação de cimento Portland na indústria Mizu-Baraúna/RN. Mossoró/RN: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2019, 26p. Monografia.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de cimento: impactos à saúde e ao meio ambiente. Sustentabilidade em Debate. V.3, N. 1, p. 75-96, jan./jun. Brasília, 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto – estrutura, propriedades e materiais. São Paulo, Ed. PINI, 1994.

MELO NETO, Antônio Acacio de. Influência de aditivos redutores e compensadores de retração em argamassas e pastas com cimento de escória ativada. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-28032008-174009/>. Acesso em: 10 março. 2024.

Sartori, A. C., Amaro, A. G. V., Lopes, J. M. F., Alves, N. R. C., & Portes, V. M. (2019). Cuidado integral à saúde da mulher. SAGAH.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO – SNIC. SNIC 50 Anos. 2016. Disponível em: http://snic.org.br/assets/doc/historia_do_cimento_no_brasil.pdf. Acesso em 03 jun. 2024.

TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. Concreto Auto e Ultra-Alto Desempenho. Concreto: Ciência. G.C. Isaia. 1. ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 2v.

VALVERDE, F. M. Agregados para construção civil: balanço mineral brasileiro. 2001. Disponível em: <http://www.simineral.org.br/arquivos/AgregadosparaConstruoCivilFernandoMendesValverde.pdf>. Acesso em: 17 maio 2024

Celso Amaral Cordeiro

Engenheiro civil, bacharel em ciência e tecnologia e mestrando em tecnologia, Ambiente e Sociedade pela UFVJM. Atualmente professor do curso de engenharia de produção do instituto de ciência, engenharia e tecnologia da UFVJM, além disso atua com planejamento de obras públicas.

Cirineu dos Santos Macedo

Graduando Ciência e Tecnologia UFVJM-Campus do Mucuri Teófilo Otoni-MG.

Fernanda Andrade Dutra

Engenheira Civil, bacharel em Ciência e Tecnologia, mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela UFVJM e especialista em estruturas de concreto armado. Além disso, atua como gestora de captação de obras públicas.

Gisele Monteiro de Sousa

Engenheira Civil, Bacharel em Ciência e Tecnologia, mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade pela UFVJM – Campus Mucuri e pós-graduanda em Tecnologia do Concreto pelo IDD – Educação Avançada. Atualmente engenheira técnica responsável pelo controle de qualidade do concreto da Mix Mattar na cidade de Teófilo Otoni e região.

Guilherme de Souza Mesquita

Graduando Ciência e Tecnologia UFVJM-Campus do Mucuri Teófilo Otoni-MG. Atua com projetos arquitetônicos e complementares com o BIM, principalmente no Revit.

Gustavo Victor dos Santos Miranda

Bacharel em ciência e tecnologia pela UFVJM Campus JK, Diamantina-MG. Graduando em Engenharia Civil UFVJM Campus do Mucuri, Teófilo Otoni-MG. Atua realizando projetos arquitetônicos e instalações prediais utilizando a plataforma BIM.

Kallel Silvano França Santos

Bacharel em Ciência e Tecnologia e graduando em Engenharia Civil pela UFVJM. Integra a Melius Empresa Júnior como membro ativo e participa do projeto de extensão Escritório Público. Atua na concepção de projetos arquitetônicos e de interiores e instalações prediais, utilizando a plataforma BIM.

Stênio Cavalier Cabral

Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais - UENF/RJ – Brasil. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM. <http://lattes.cnpq.br/2452889693767673>.

Thiago Mathias Fernandes Paranhos

Graduando Ciência e Tecnologia UFVJM-Campus do Mucuri Teófilo Otoni-MG.

Wesley Washington Santos Faria

Bacharel em ciência e tecnologia pela UFVJM Campus Janaúba. Janaúba – MG, Graduando em Engenharia Civil UFVJM Campus do Mucuri, Teófilo Otoni-MG. Atua realizando projetos arquitetônicos e instalações prediais utilizando a plataforma BIM.

