



DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL

DEVELOPMENT AND VERIFICATION OF A MOBILE APPLICATION FOR CONVENTIONAL CONCRETE DOSAGE

DESARROLLO Y VERIFICACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO CONVENCIONAL

Samuel Silva Aguiar¹, Edigar Alves da Silva²

e4124571

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i12.4571>

PUBLICADO: 12/2023

RESUMO

Esta pesquisa tem como tema o desenvolvimento e a verificação de um aplicativo móvel para dosagem de concreto convencional. O seu objetivo é verificar a acurácia dos resultados gerados por um aplicativo de dosagem de concreto convencional para dispositivos móveis através da realização de ensaios em laboratório. O método consiste em uma pesquisa quantitativa, descritiva e experimental. A amostra é composta por diferentes massas e volumes dos materiais constituintes para os ensaios de caracterização, o volume de tronco de cone normatizado para ensaio de consistência e nove corpos de prova para cada traço testado nos ensaios de resistência à compressão, sendo 3 amostras para cada uma das idades de 7, 14 e 28 dias. Os dados foram coletados através de ensaios em laboratório para verificar as principais características dos materiais constituintes e do concreto, nos estados fresco e endurecido, e verificados baseando-se em critérios estabelecidos em normas técnicas, comparando os valores observados em laboratório com os previstos pelo programa. Os principais resultados encontrados foram variações, entre valores observados e previstos, de -100% a -70%, nos ensaios de consistência, para os diferentes traços gerados; nos ensaios de compressão, variações de -18,58% a -50,27%, para amostras individuais, e de -36,34% a -39,47%, para as médias entre os grupos de amostras. Através da pesquisa, verificou-se uma elevada inexatidão do App em prever o consumo de água adequado para a consistência desejada, o que influenciou os resultados de resistência à compressão, devido à baixa trabalhabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicativo. Dosagem. Concreto. Materiais. Ensaio.

ABSTRACT

This research focuses on the development and verification of a mobile application for conventional concrete dosage. Its objective is to verify the accuracy of results generated by a mobile app for conventional concrete dosage for mobile devices through laboratory tests. The method consists of a quantitative, descriptive and experimental research. The sample is composed of different masses and volumes of the constituent materials for the characterization tests, the volume of the standardized cone frustum for consistency testing and nine specimens for each trait tested in the compressive strength tests, with 3 samples for each one of the ages of 7, 14 and 28 days. The data was collected through laboratory tests to verify the main characteristics of the constituent materials and concrete, in the fresh and hardened states, and verified based on criteria established in technical standards, comparing the values observed in the laboratory with those predicted by the program. The main results found were variations, between observed and predicted values, from -100% to -70%, in consistency tests, for the different traces generated; in compression tests, variations from -18.58% to -50.27%, for individual samples, and from -36.34% to -39.47%, for the averages between groups of samples. It was concluded that, through the research, the App was found to be highly inaccuracy in

¹ Centro Universitário Santo Agostinho.

² Estudante de Engenharia Civil.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

predicting the appropriate water consumption for the desired consistency, which influenced the compressive strength results, due to low workability.

KEYWORDS: *Application. Dosage. Concrete. Materials. Test.*

RESUMEN

Esta investigación tiene como tema el desarrollo y la verificación de una aplicación móvil para la dosificación de concreto convencional. Su objetivo es verificar la precisión de los resultados generados por la aplicación mediante la realización de ensayos en laboratorio. La metodología empleada es cuantitativa, descriptiva y experimental. La muestra está compuesta por diferentes masas y volúmenes de los materiales constituyentes para los ensayos de caracterización, el volumen de tronco de cono normalizado para el ensayo de consistencia y nueve cuerpos de prueba para cada proporción probada en los ensayos de resistencia a la compresión, con 3 muestras para cada una de las edades de 7, 14 y 28 días. Los datos fueron recopilados a través de ensayos de laboratorio para verificar las principales características de los materiales constituyentes y del concreto, en los estados fresco y endurecido, y fueron verificados basándose en criterios establecidos en normas técnicas, comparando los valores observados en el laboratorio con los previstos por el programa. Los principales resultados encontrados fueron variaciones desde -100% hasta -70%, en los ensayos de consistencia; en los ensayos de compresión, variaciones desde -18,58% hasta -50,27%, para muestras individuales, y desde -36,34% hasta -39,47%, para los promedios entre los grupos de muestras. Se concluyó que, a través de la investigación, se observó una elevada inexactitud de la aplicación para prever el consumo de agua adecuado para la consistencia deseada, lo que influyó en los resultados de resistencia a la compresión debido a la baja trabajabilidad.

PALABRAS CLAVE: *Aplicación. Dosificación. Hormigón. Materiales. Ensayo.*

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material de construção amplamente utilizado no mundo, devido principalmente à sua versatilidade, resistência, baixo custo e durabilidade (Mehta; Monteiro, 1994). A evolução do concreto foi influenciada por fatores técnicos, econômicos e sociais, permitindo o desenvolvimento de novos materiais e métodos de construção (Helene; Andrade, 2010). Entre as técnicas estão os métodos de dosagem, que consistem em determinar a proporção dos materiais constituintes para produzir o concreto com as propriedades desejadas, também conhecida como "traço" (Tutikian; Helene, 2011).

A dosagem de concreto teve início de maneira empírica, mas com o passar do tempo foram desenvolvidos métodos mais precisos, como o uso de fórmulas matemáticas, ábacos e tabelas (Bauer; Noronha, 2015). Com o avanço da tecnologia, em especial da computação, a velocidade e a precisão na realização de cálculos matemáticos aumentaram exponencialmente, tornando possível um entendimento maior e cada vez mais rápido das características dos materiais constituintes e do próprio concreto, ampliando os horizontes da aplicação deste e de diversos outros tipos de materiais (Brookshear, 2013; Schleder; Fazzio, 2021).

Com a popularização dos *smartphones* nas últimas décadas, o surgimento de aplicativos móveis para facilitar a realização de atividades do cotidiano tornou-se algo comum. No cenário da construção civil, onde o profissional engenheiro civil, responsável por tal atividade, muitas vezes precisa realizar cálculos de dosagem de concreto em ambientes externos sem acesso a ferramentas



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

como computadores *desktop*, o desenvolvimento de uma solução em *software* para *smartphones* com o objetivo de auxiliar nesta tarefa, bem como a verificação do nível de exatidão dos traços gerados pelo programa através da realização de ensaios em laboratório mostra-se relevante e conveniente (Freitas, 2018; Souza, 2020).

Qual a acurácia dos resultados gerados por um aplicativo de dosagem de concreto convencional para dispositivos móveis verificada através da realização de ensaios em laboratório?

H1: Os resultados dos ensaios apresentam uma variação de até 5% para mais ou para menos dos valores previstos pelo aplicativo.

H2: Os resultados dos ensaios apresentam uma variação de até 10% para mais ou para menos dos valores previstos pelo aplicativo.

H3: Os resultados dos ensaios apresentam uma variação de até 20% para mais ou para menos dos valores previstos pelo aplicativo.

H4: Os resultados dos ensaios apresentam uma variação de mais de 20% para mais ou para menos dos valores previstos pelo aplicativo.

O objetivo do presente trabalho é verificar a acurácia dos resultados gerados por um aplicativo de dosagem de concreto convencional para dispositivos móveis através da realização de ensaios em laboratório.

A ciência dos materiais é uma área marcada pelo constante surgimento de novos métodos de produção de materiais. No entanto, para tais procedimentos serem confiáveis é imprescindível a formação de uma base teórica sólida (Smith; Hashemi, 2013). Neste sentido, o presente trabalho busca contribuir com informações a respeito do processo de cálculo do algoritmo do aplicativo e do método de dosagem utilizado, bem como com dados de resultados de ensaios realizados com determinados traços de concreto. Enriquecendo o conhecimento científico que se tem a respeito deste material.

É necessário um embasamento técnico através de experimentos justificativos para a dosagem racional de concretos com classe de resistência C20 ou superiores (ABNT, 2022). No que se refere aos aspectos práticos do ponto de vista da engenharia civil, a realização do estudo é interessante pois visa averiguar se o concreto dosado com os traços gerados pelo aplicativo realmente apresenta as características previstas e se tem, portanto, condições de ser posteriormente utilizado em obra, a fim de proporcionar precisão, economia e agilidade ao profissional responsável pela sua execução.

Por fim, no quesito social, ressalta-se a relevância do desenvolvimento de tecnologias e pesquisas na área de dosagem de concreto, uma vez que estas têm a finalidade de otimizar a utilização dos recursos naturais, além de ajudar a promover uma maior garantia da segurança das estruturas construídas com tal material, que é largamente utilizado na construção civil, permitindo uma melhora na qualidade de vida da população (Ricci; Pereira; Akasaki; 2017; Mesquita, 2019).



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Concreto do cimento Portland

O concreto é um material que pode ser definido como “pedra artificial”. Desenvolvido e aprimorado ao longo dos séculos para substituir a utilização de rochas naturais em construções, ele proporcionou mais liberdade criativa aos projetistas e mais facilidade na execução de elementos estruturais submetidos principalmente a esforços de compressão. Desde a antiguidade existiram diferentes técnicas de produzir tal material, como é caso do concreto romano, entretanto o concreto convencional utilizado largamente atualmente só teve início a partir do século XIX, após a descoberta e patente do cimento Portland por Joseph Aspdin em 1824 (Kaefer, 1998; Casagrande, 2019).

A sua composição consiste primariamente na mistura em quantidades adequadas de cimento, água e agregados, sendo empregados também aditivos em alguns casos mais específicos. Cada um desses materiais possui uma determinada função. Os agregados, que são divididos em miúdos (areias) e graúdos (britas, seixos, cascalhos etc.), têm a função de preencher o concreto e fornecer a resistência à compressão. Já o cimento (aglomerante) tem a função de unir os agregados, garantindo um comportamento monolítico do material. A água, por sua vez, provoca a reação de hidratação dos compostos do cimento e influencia na trabalhabilidade (Bauer, 2015).

Comumente há dois estados principais nos quais as propriedades do concreto são avaliadas, a fim de averiguar se a sua qualidade está em conformidade com a aplicação, o estado fresco e o estado endurecido. O estado fresco consiste naquele em que os materiais constituintes já estão misturados, mas ainda não houve a solidificação da mistura, condição na qual o concreto ainda é moldável. O estado endurecido, em contrapartida, consiste naquele após o fim da pega, ou seja, no qual o material já se encontra em estado sólido e ao longo do qual ele adquire um aumento de resistência gradual que ocorre naturalmente em escala logarítmica (Freitas, 2018; Claisse, 2019).

As principais propriedades do concreto que usualmente são avaliadas no seu estado fresco são a consistência, homogeneidade e trabalhabilidade. Dependendo esta última da aplicação do material e possuindo uma relação direta com a consistência. Já no estado endurecido as propriedades mais significativas são a resistência à compressão, resistência à abrasão, resistência ao fogo, durabilidade e impermeabilidade. Dentre estas, a resistência à compressão se destaca por ser a de maior foco dos profissionais, devido a ser um parâmetro fundamental na elaboração de projetos estruturais, e por estar diretamente ou indiretamente relacionada a algumas das outras (Carvalho; Figueiredo Filho, 2016).

2.2. Método ABCP de Dosagem de Concreto

Dependendo da função para a qual o concreto será destinado, algumas das propriedades citadas anteriormente receberão mais atenção que outras, podendo ser almejados valores mais altos ou mais baixos nos resultados de seus respectivos ensaios. A fim de se garantir mais controle na qualidade do material produzido, ao longo dos séculos e principalmente depois da descoberta do



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

cimento Portland inúmeros estudos foram realizados, possibilitando um melhor entendimento da influência de cada um dos materiais constituintes sobre estas propriedades (Helene; Andrade, 2010).

Dentre tais estudos destacam-se aqui as pesquisas realizadas inicialmente no século XIX, na França, por René Féret e posteriormente por Duff Andrew Abrams, em 1918, nos Estados Unidos, onde descobriu-se a forte correlação entre o fator água/cimento da mistura e a resistência à compressão do concreto no seu estado endurecido. Sendo, até os dias atuais, denominada “Lei de Abrams”, esta relação é um dos principais parâmetros para a determinação da resistência e da durabilidade do concreto de cimento Portland (Tutikian; Helene, 2011). A fórmula matemática proposta por Abrams para equacionar esta relação é demonstrada logo a seguir:

$$F_c = \frac{A}{B^{a/c}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- F_c (ou F_{cj}): resistência à compressão numa certa idade, em MPa;
- A : constante que depende dos materiais utilizados e da idade;
- B : constante que depende dos materiais utilizados e da idade;
- a/c : fator água/cimento ou água/aglomerantes, em massa.

Como era de se esperar, baseando-se nas mais variadas contribuições provenientes destas pesquisas, alguns estudiosos elaboraram métodos de dosagem para o concreto. Com o intuito de padronizar a produção deste material e aprimorar o controle de qualidade, visando melhorar a economia e a segurança do produto final. Dentre a enorme variedade de métodos desenvolvidos internacionalmente, ressalta-se o procedimento apresentado em 1970 pelo American Concrete Institute-ACI, denominado ACI-211. Este método teve bastante aceitação no Brasil entre os tecnólogos. Sendo adaptado e divulgado em idioma nacional pela Associação Brasileira de Cimento Portland-ABCP, inicialmente em 1984 (Nascimento; Guedes Junior, 2017).

Atualmente, no Brasil, não há um consenso ou uma recomendação oficial normatizada de um procedimento ideal para dosagem de concreto. Sendo assim, estão disponíveis na bibliografia várias opções, como por exemplo os métodos IPT, IBRACON, ITERS, INT, SNCF, bem como o supracitado método ABCP (Boggio, 2000). Este último destaca-se dos demais pela sua simplicidade. Consistindo em três etapas principais: Caracterização dos materiais constituintes através de ensaios em laboratório, a determinação das propriedades do concreto e a realização de cálculos utilizando fórmulas, tabelas e ábacos predefinidos, para obtenção da proporção e quantidade dos materiais (Euzébio; Pereira, 2021).

O objetivo principal da primeira etapa é obter algumas informações importantes a respeito das características dos materiais que irão compor o concreto. Como o tipo do cimento utilizado, as massas específicas e unitárias dos materiais, módulo de finura do agregado miúdo, diâmetro máximo



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

do agregado graúdo etc. Na segunda etapa, as propriedades desejadas do concreto a serem definidas são a sua resistência à compressão característica (F_{ck}), a sua consistência no estado fresco (com base no valor do abatimento do ensaio Slump Test), e o desvio padrão esperado dos valores de resistência à compressão (valor este estabelecido em função do nível de controle tecnológico na produção do concreto) (Francelin; Marco; Florian, 2022; ABNT, 2022; ABCP, 2002).

A terceira etapa do método, por sua vez, depende do tipo de traço desejado (em massa, volume, padiolas etc.) e é formada essencialmente pela seguinte sequência de passos: Cálculo do valor de F_{cm} (resistência à compressão média do concreto) em função de F_{ck} e do desvio padrão; fixação do valor do fator a/c (baseando-se em ábacos respaldados na lei de Abrams e em ensaios realizados anteriormente); determinação do consumo de água, de cimento, de agregado graúdo e de agregado miúdo para 1 m^3 de concreto, nesta ordem, a partir de tabelas e fórmulas preestabelecidas (Ambrozewicz, 2012).

2.3. Aplicativo móvel Android para dosagem de concreto convencional

Com a popularização dos *smartphones* e a ampliação do acesso à internet, a utilização de aplicativos móveis se tornou cada vez mais comum no cotidiano das pessoas, transformando a forma como elas se relacionam com a tecnologia, desde a comunicação até a realização de tarefas cotidianas. Hábito potencializado durante e após o período de distanciamento social ocasionado pela pandemia de Covid-19, em 2020, forçando mais pessoas e empresas a se adaptarem à era digital (Pinheiro, 2021; Pontes; Hirata; Neves, 2021; Hernández; Medina, 2021).

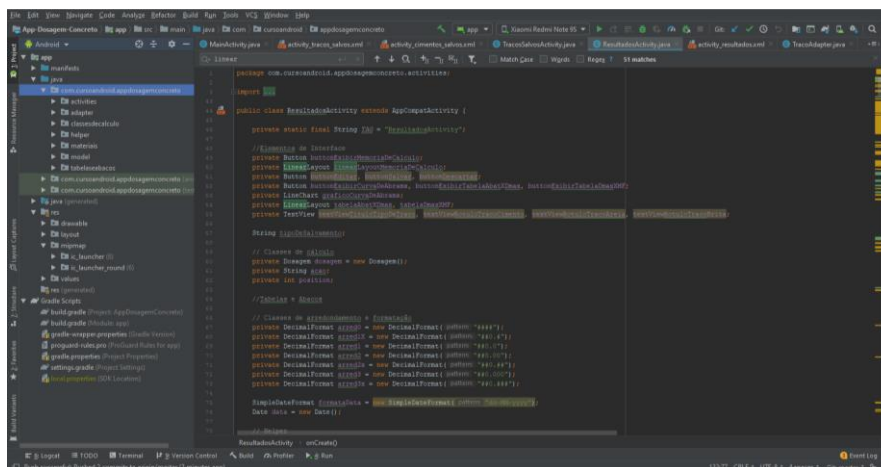
Neste cenário, dois sistemas operacionais se destacam como os mais utilizados em *smartphones* no mundo: o IOS (*iPhone Operating System*), da Apple, e o Android, do Google. Este último ocupa o primeiro lugar em popularidade entre os usuários, representando 71,8% do mercado neste segmento (Statista, 2023). Muitos são os fatores que contribuem para tal colocação, como o fato de ser uma plataforma de código aberto baseada em Linux, o valor mais acessível dos dispositivos comercializados com este sistema, a possibilidade de ser customizado pelas fabricantes e de utilização nativa da linguagem Java no desenvolvimento de Apps, que é bastante popular e já consolidada na área de TI (Cunha; Maluf, 2022).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Figura 1 - Interface gráfica da IDE Android Studio utilizada para desenvolver o App



Fonte: Autores (2023)

Portanto, constata-se que a plataforma Android mostra-se como uma opção bastante interessante na qual novos programadores possam se concentrar no desenvolvimento de aplicativos móveis. Na atualidade, a fim de ser possível a construção de Softwares em tempo hábil, é imprescindível a utilização de uma IDE (*Integrated Development Environment*) que, de forma simplificada, pode ser definida como um *software* com um conjunto de funções que auxiliam, complementam e agilizam o trabalho do desenvolvedor na criação de novos programas. Dentre inúmeras alternativas, a IDE Android Studio (Figura 1) é a opção nativa e disponibilizada pelo próprio Google (Souza, 2020).

Tal como as IDEs são capazes de contribuir no desenvolvimento de *softwares*, muitos são os aspectos na dosagem de concretos que podem ser beneficiados com a utilização de uma ferramenta digital. Dentre as vantagens é possível listar em um primeiro momento a velocidade e a redução da probabilidade de erros na realização de cálculos matemáticos, a possibilidade de armazenamento de grandes quantidades de informações e o reaproveitamento destas em diferentes circunstâncias, caso seja conveniente. No caso de aplicativos móveis, outros benefícios ainda são acrescentados, como a portabilidade e a possibilidade de integrar algumas funcionalidades nativas do aparelho a funções do software (Santos, 2016).

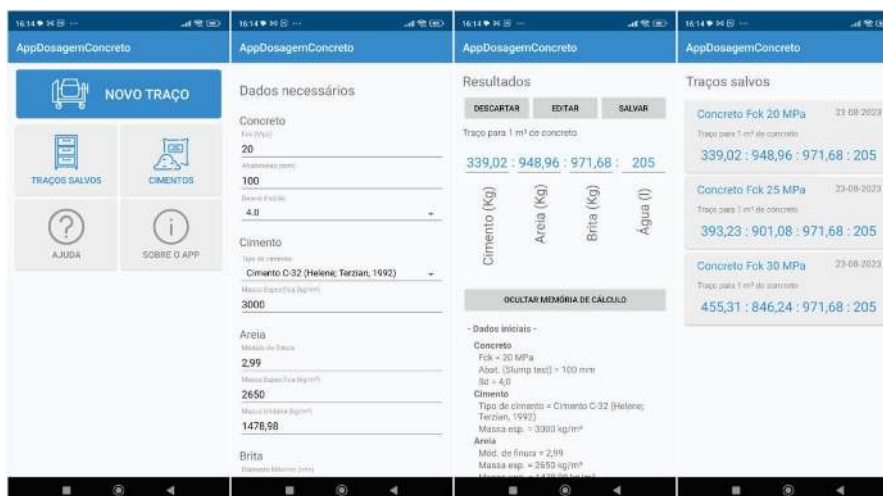
O *software* em questão consiste em um protótipo básico com algumas pequenas funcionalidades adicionais além do cálculo de dosagem. Acerca da interface do aplicativo, esta representa uma parte fundamental do programa, tendo em vista que será através dela que o usuário irá interagir com o algoritmo, inserindo e obtendo dados (Baulé *et al.*, 2020). Dito isto, no aplicativo em questão ela é constituída por uma tela inicial na qual o usuário pode escolher entre criar um novo traço, verificar os traços salvos (Figura 2) ou criar registros de dados de resultados de ensaios de concretos produzidos com cimentos existentes no mercado para reaproveitá-los posteriormente na geração de novos traços (Figura 8).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edígar Alves da Silva

Figura 2 - Capturas de algumas das principais telas do App



Fonte: Autores (2023)

Caso o usuário deseje calcular um novo traço, ao clicar no respectivo botão na tela inicial, ele será redirecionado para uma outra tela na qual o *software* solicitará algumas informações básicas a respeito das características do concreto desejado (fck, valor do Slump Test) e dos materiais constituintes, obtidas através de ensaios em laboratório (como a massa específica e a massa unitária dos agregados e do cimento, por exemplo), e também do tipo de traço que se deseja obter (em massa, volume, padiolas, etc.). Este último parâmetro irá definir se dados adicionais serão necessários (como o inchamento da areia e as dimensões da padiola) (Silva, 2017), se necessário os respectivos campos para preenchimento serão exibidos.

Ao inserir todas as informações necessárias, o usuário poderá clicar no botão “Calcular traço”, localizado na parte inferior desta tela e será redirecionado para a próxima tela, na qual será exibido o traço calculado pelo App e a memória do cálculo, realizado conforme o método ABCP. Nesta tela é possível salvar o traço calculado ou descartá-lo, além de também ser possível recalcular os valores dos outros materiais proporcionalmente apenas alterando o valor de um dos materiais. Há ainda a possibilidade de editar os traços salvos, permitindo ao usuário modificar os dados inseridos no cálculo de dosagem. O que permite o aproveitamento de informações já adicionadas. Funcionalidade que se baseia no conceito de “herança” da Programação Orientada a Objetos (Oberleitner; Masiero, 2021).

3. MÉTODOS

Tendo em mente o objetivo do presente trabalho de verificar a acurácia do aplicativo de dosagem em questão, torna-se necessária a utilização de dados numéricos ao longo da pesquisa. Em outras palavras, averiguar a exatidão de valores de algumas características dos concretos preparados com os traços calculados pelo *software*, de forma numericamente objetiva, através de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

procedimentos normatizados. Portanto o atual estudo caracteriza-se como pesquisa quantitativa, visto que tal categorização aplica-se aos trabalhos científicos que necessitam de utilização de valores numéricos para a sua adequada execução (Pereira *et al.*, 2018).

No que se refere à abordagem da pesquisa, esta classifica-se como descritiva. Pesquisas descritivas são aquelas nas quais pretende-se descrever e expor os dados obtidos durante o seu desenvolvimento sem necessariamente investigar e explicar profundamente as suas causas e origens (Mazucato, 2018). O presente trabalho pode ser identificado como tal, visto que almeja relatar os procedimentos realizados para avaliação da acurácia do programa e os resultados obtidos, sem analisar minuciosamente os fenômenos responsáveis pela relação de causa e efeito.

A realização do estudo se dá através de ensaios realizados em laboratório, baseando-se em normas técnicas e livros sobre o tema, a fim de realizar a caracterização dos materiais constituintes e quantificar as propriedades do concreto. Logo, do ponto de vista dos procedimentos técnicos desenvolvidos para a obtenção dos dados, a presente pesquisa configura-se como experimental. Modelo que pode ser definido como aquele no qual realiza-se manipulação de variáveis em ambiente controlado, onde os pesquisadores podem estabelecer condições experimentais precisas com a finalidade de obter conclusões cientificamente válidas (Prodanov; Freitas, 2013).

Para que seja realizada a coleta dos dados, faz-se necessário a determinação da população à qual a pesquisa visa investigar (Menezes *et al.*, 2019). Para a presente pesquisa a população está relacionada aos possíveis concretos convencionais produzidos com os traços gerados pelo aplicativo, o que representa um número muito grande de possibilidades em função das características dos materiais a serem utilizados e das propriedades requeridas para o concreto. Portanto delimitou-se a população a ser estudada como os concretos convencionais produzidos com os traços gerados pelo App para os fcks de 20, 25 e 30 MPa, utilizando apenas um tipo de aglomerante, de agregado miúdo e de agregado graúdo.

No que tange à amostragem nos ensaios, estas foram coletadas com base na etapa da pesquisa e em normas técnicas. As amostras utilizadas na primeira etapa consistem na quantidade necessária de cada um dos materiais para a realização dos ensaios de caracterização destes necessários para os cálculos dos traços a serem avaliados, como ensaios de granulometria, massa específica, massa unitária, absorção de água etc. (ABCP, 2002). Já na segunda etapa, a amostragem corresponde ao volume de concreto necessário para a execução do ensaio de consistência e à quantidade de corpos de prova necessários para os ensaios de resistência à compressão axial, para cada um dos traços testados.

Na etapa de caracterização dos materiais constituintes do concreto, a coleta das amostras se deu da seguinte forma: Para os ensaios de granulometria foram utilizadas amostras de 2 kg para o agregado miúdo (areia) e de 5 kg para o agregado graúdo (brita) (Mercosul, 2000). Nos ensaios de massa unitária solta e compactada utilizou-se três amostras de 17,384 dm³ para ambos os agregados, valor superior aos 10,188 dm³ mínimos normatizados (ABNT, 2021a). Para os ensaios de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

massa específica e absorção de água utilizou-se duas amostras de 500 g para o agregado miúdo e três amostras de 3 kg para o agregado graúdo (ABNT, 2001). Para o cimento, a massa específica foi estimada através da média entre os valores máximos e mínimos informados na ficha técnica do material (Votorantim Cimentos, 2020).

Figura 3 - Corpos de prova no tanque de cura



Fonte: Autores (2023)

Na etapa de realização de ensaios das propriedades do concreto nos estados fresco e endurecido, as amostras foram coletadas conforme é descrito a seguir: Nos ensaios de consistência do concreto fresco, realizados para cada traço, a amostra corresponde ao volume do tronco de cone normatizado (ABNT, 2020). Já nos ensaios de resistência à compressão, foram confeccionados 9 corpos de provas para cada traço, a fim de serem rompidos de 3 em 3 amostras, às idades de 7, 14 e 28 dias após a moldagem (Figura 3).

Acerca do procedimento de execução dos ensaios, estes foram realizados baseando-se nas normas técnicas vigentes, com exceção dos ensaios de massa específica dos agregados, os quais foram substituídos por ensaios alternativos o realizados utilizando-se normas mais antigas em virtude da indisponibilidade dos equipamentos necessários para a sua realização conforme as normas mais atuais. Os ensaios de granulometria, a fim de se identificar o módulo de finura do agregado miúdo e o diâmetro máximo do agregado graúdo, foram executados medindo a massa das amostras retidas em cada uma das peneiras da série normal (Figura 4), conforme norma vigente (Mercosul, 2001).

Figura 4 - Bateria de peneiras utilizada nos ensaios de granulometria



Fonte: Autores (2023)

Nos ensaios de massa unitária solta envolveram a medição inicial da massa do recipiente normatizado. Em seguida, a amostra foi despejada no recipiente, evitando ultrapassar a altura de lançamento de 50 mm. A massa do recipiente com a amostra foi medida (Figura 5) e a massa do recipiente foi subtraída para obter apenas a massa da amostra. Por fim, a massa da amostra foi dividida pelo volume do recipiente para obter a massa específica. No ensaio de massa específica compactada, o procedimento foi semelhante, mas o recipiente foi preenchido em três camadas, o material foi nivelado e foram aplicados 25 golpes com haste de metal com dimensões normatizadas (ABNT, 2021b).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edígar Alves da Silva

Figura 5 - Recipiente metálico utilizado nos ensaios de massa unitária dos agregados



Fonte: Autores (2023)

Para a determinação da massa específica do agregado miúdo, o ensaio foi realizado utilizando-se o método do tubo de Chapman, no qual foram adicionados 200 ml de água no interior do tubo, então a amostra foi também cuidadosamente depositada dentro do instrumento, este que em seguida foi devidamente agitado para a eliminação das bolhas de ar. A leitura do tubo foi medida para a realização do cálculo conforme a equação demonstrada a seguir (ABNT, 2003).

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- γ : massa específica do agregado, em g/cm^3 ;
- L : leitura obtida no instrumento.

A fim de se determinar a massa específica do agregado graúdo e a absorção de água do material, realizou-se um ensaio alternativo. Utilizando-se uma balança digital com capacidade para até 10 kg, um frasco de vidro, uma lâmina de acrílico, um recipiente de metal para medição da massa do agregado e um pano para secagem da superfície do material. O procedimento desenvolveu-se inicialmente medindo a massa do material seco. Em seguida adicionou-se água dentro do frasco até que ele ficasse completamente cheio, que foi tampado com a lâmina de acrílico, evitando a formação de bolhas de ar entre a água e a lâmina. Mediu-se, então, a massa do conjunto.

Figura 6 - Materiais utilizados no ensaio de massa específica do agregado graúdo

Fonte: Autores (2023)

A seguir adicionou-se a amostra dentro do recipiente, que foi tampado novamente com a lâmina. Em seguida, mediu-se a massa do conjunto com a amostra (Figura 6). Então retirou-se a amostra úmida do recipiente, enxugou-se as superfícies do agregado até que ele ficasse na condição Saturado Superfície Seca e mediu-se novamente a sua massa nessa condição. O volume da amostra foi calculado considerando-se igual à massa de água expulso do recipiente no momento da adição da amostra no seu interior, uma vez que se considerou a massa específica da água igual a 1 g/ml (ou 1 g/cm³) (Brunetti, 2008).

O cálculo do volume se deu somando-se a massa da amostra seca com a massa do conjunto e subtraindo pela massa do conjunto com a amostra. Para determinação da massa específica do agregado, dividiu-se a massa da amostra seca pelo volume calculado. Calculou-se ainda também a absorção de água do agregado, subtraindo-se a massa da amostra úmida (Figura 7), na condição saturada superfície seca, pela massa da amostra seca e dividindo o valor encontrado pela massa da amostra seca (ABNT, 2021c).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Figura 7 - Medição da massa da brita na condição saturada superfície seca para o ensaio de absorção de água do agregado graúdo



Fonte: Autores (2023)

Após a execução dos ensaios de caracterização dos materiais descritos anteriormente, prosseguiu-se para a geração dos traços com as informações obtidas. A condição de preparo do concreto considerada foi a “condição A”, que é aplicável a todas as classes de concreto, na qual o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados, cujo valor do desvio padrão a ser adotado no cálculo da resistência à compressão média a uma certa idade (F_{cmj}) é igual a 4,0 MPa (ABNT, 2022).

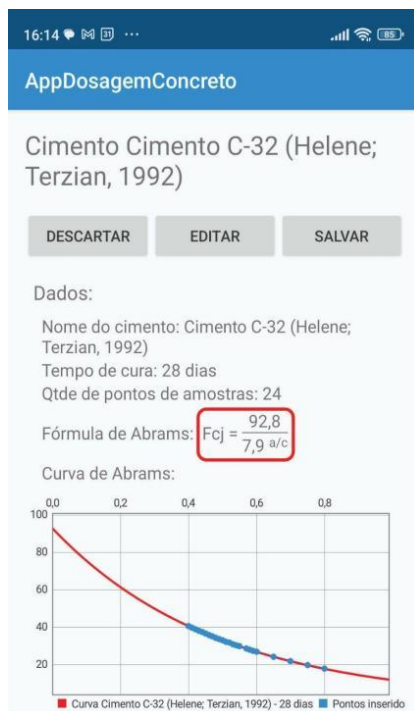
Em seguida, realizou-se no *software* a configuração de inserção dos dados relacionados à lei de Abrams para o cimento utilizado, que foi o CP II-E-32. Os dados inseridos foram obtidos originalmente a partir de fórmula disponível na literatura, onde $A=92,8$ e $B=7,9$ (Helene, Terzian, 1992). Como a inserção de dados no aplicativo é feita a partir de valores de fator a/c e F_{cj} , realizou-se inicialmente o cálculo de várias resistências em função do fator a/c no *software* Excel, ambas as informações foram inseridas para cada ponto calculado, até que a fórmula de Abrams, gerada pelo aplicativo a partir dos pontos inseridos, através de cálculo de regressão linear, fosse igual àquela presente na literatura (Figura 8).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Figura 8 - Captura da tela de informações do cimento do aplicativo de dosagem



Fonte: Autores (2023)

Foi solicitado ao aplicativo para que este gerasse traços para três resistências diferentes de concreto (20, 25 e 30 MPa), informando as características dos materiais ensaiados, considerando nos três casos o *Slump* de 100 mm. O tipo de traço solicitado foi o traço em massa para 1 m³ de concreto, os valores foram recalculados no *software* Excel para o volume desejado de concreto, e a quantidade de quantidade de água ajustada em função da umidade do agregado miúdo e da absorção de água do agregado graúdo. Umidade esta que foi verificada, através da secagem da areia, nos dias de preparo do concreto, antes da mistura, secando-se 100 g de areia em chapa elétrica, e dividindo-se a diferença entre a massa úmida e a massa seca (massa da água) pela massa seca da amostra (Klein, 2008).

Na preparação do concreto para cada traço, as respectivas quantidades definidas dos materiais foram pesadas em balança digital e misturados em betoneira por 5 minutos, prosseguiu-se então para a realização do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, no qual realizou-se o preenchimento do molde em três camadas de mesma altura, aplicando 25 golpes com haste metálica em cada uma. A seguir realizou-se o rasamento da borda superior e removeu-se o instrumento através de movimento vertical, conforme procedimento normatizado. Em seguida mediu-se a diferença de altura entre o molde e a altura do eixo do corpo-de-prova (Mercosul, 1996).

Na sequência, realizou-se a moldagem dos corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão, em moldes cilíndricos com dimensões internas de 10 cm de diâmetro por 20 cm de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

altura. O concreto foi depositado em duas camadas de mesma altura no interior dos moldes, e aplicados 12 golpes com haste metálica a cada camada. A superfície do material foi então rasada. Os corpos-de-prova ficaram em repouso até o dia seguinte, no qual foram desmoldados, identificados e colocados no tanque de cura, onde permaneceram até o dia do rompimento. No dia do rompimento os corpos-de-prova tiveram suas dimensões verificadas, então prosseguiu-se ao rompimento em prensa mecânica (ABNT, 2016).

Tendo em vista que a pesquisa visa encontrar a exatidão dos valores das propriedades ensaiadas dos concretos produzidos com os traços gerados pelo aplicativo, a análise dos resultados consistiu na comparação numérica entre os resultados dos ensaios realizados em laboratório e os valores estimados das respectivas propriedades (Thomsen, 1997). Esta comparação consistiu em calcular a diferença entre os valores observados e os previstos e dividi-la pelos valores previstos pelo programa, a fim de se identificar a variação percentual.

Para os ensaios de consistência os valores considerados na avaliação corresponderam à altura do abatimento do tronco de cone medidos para cada traço preparado. Já no caso dos ensaios de rompimento à compressão axial, considerou-se os valores obtidos individualmente para cada corpo de prova e a média dos valores obtidos aos 28 dias de idade, verificando-se a variação entre estes e o valor de F_{cm} . Uma vez que este é o valor ao qual as resistências do concreto devem efetivamente aproximar-se, enquanto o valor de F_{ck} é um valor característico, ou representativo, ao qual estatisticamente admite-se que 95% das resistências devem superá-lo (Carvalho; Figueiredo Filho, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados de ensaios de caracterização dos materiais constituintes

Acerca dos resultados dos ensaios de granulometria, na Tabela 1 são exibidas as massas retidas de cada um dos agregados, a partir da qual é possível verificar que, para o agregado graúdo o valor do diâmetro máximo observado foi de 19 mm, sendo que a maior parte do material (68,98%) ficou retida na peneira com abertura de 4,75 mm. Para o agregado miúdo, o módulo de finura (MF) calculado foi igual a 2,99, de modo que a peneira de 300 μ m apresentou o maior percentual retido (86,45%) da massa da amostra ensaiada.

Portanto, atestou-se que a brita utilizada nos ensaios e posteriormente no preparo do concreto é composta por duas categorias de material que comercialmente classificam-se como brita 0 e brita 1, de modo que a brita 0 constitui a maior parte do material. Tal condição configura o agregado graúdo como adequado para a produção de concretos convencionais, tendo em mente que não apresentou dimensões superiores a 25 mm (Ribeiro; Pinto; Starling, 2006). Todavia, ressalta-se que a grande concentração de grãos de dimensões menores podem influenciar de modo a reduzir a resistência ao cisalhamento, esforço comum no ensaio de rompimento (Savaris; Pinto, 2017).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Tabela 1 - Resultados de ensaios de granulometria dos agregados

Peneiras	Areia			Brita		
	Massas (g)	Porcentagem retida	Porcentagem retida acumulada	Massas (g)	Porcentagem retida	Porcentagem retida acumulada
70 mm	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%
37,5 mm	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%
19 mm	0	0,00%	0,00%	162	3,24%	3,24%
9,5 mm	0	0,00%	0,00%	598	11,96%	15,20%
4,75 mm	8	0,40%	0,40%	3449	68,98%	84,18%
2,36 mm	19	0,95%	1,35%	680	13,60%	97,78%
1,18 mm	19	0,95%	2,30%	103	2,06%	99,84%
600 µm	52	2,60%	4,90%	6	0,12%	99,96%
300 µm	1729	86,45%	91,35%	0	0,00%	99,96%
150 µm	156	7,80%	99,15%	0	0,00%	99,96%
Fundo	15	0,75%	99,90%	0	0,00%	99,96%
Total	1998	99,90%	99,90%	4998	99,96%	99,96%

Fonte: Autores (2023)

No que tange a constituição granulométrica do agregado miúdo, este enquadra-se na zona utilizável superior ($2,90 < MF < 3,50$) e pode ser classificado como areia média ($2,4 < MF < 3,3$), o que o torna apto a ser utilizado no preparo de emboços e concretos (ABNT, 2005; Sena *et al.*, 2022). Esta informação faz-se necessária não apenas para a etapa do cálculo de dosagem que necessita de tal informação, mas também porque sabe-se que o perfil da areia utilizada pode influenciar em algumas características do concreto no estado fresco e endurecido. Valores baixos podem resultar em concretos com maior valor de resistência à compressão, enquanto valores maiores (baixo teor de finos) tendem a reduzir o *Slump* (Sartorti *et al.*, 2019).

Em relação aos valores de massa unitária (pap) dos agregados utilizados, os valores médios obtidos para o ensaio de massa unitária solta foram de $1380,44 \text{ kg/m}^3$ para a brita e $1380,44 \text{ kg/m}^3$ para a areia. Já para o ensaio de massa unitária compactada realizada apenas para a brita, o resultado foi de $1492,59 \text{ kg/m}^3$ (Tabela 2). Estes valores representam a média entre os resultados obtidos para as três amostras, visto que a variação percentual para nenhum dos resultados individuais ultrapassou 1% em relação aos estes valores médios (ABNT, 2021b).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

Tabela 2 - Resultados de ensaios de massa unitária solta e compactada dos agregados

Areia (solta)		Brita (solta)		Brita (compactada)	
Item	Valor	Item	Valor	Item	Valor
Massa do recipiente	1,101 kg	Massa do recipiente	1,101 kg	Massa do recipiente	1,101 kg
Recipiente + Amostra 1	26,786 kg	Recipiente + Amostra 1	25,119 kg	Recipiente + Amostra 1	27,02 kg
Recipiente + Amostra 2	26,857 kg	Recipiente + Amostra 2	25,118 kg	Recipiente + Amostra 2	27,098 kg
Recipiente + Amostra 3	26,792 kg	Recipiente + Amostra 3	25,059 kg	Recipiente + Amostra 3	27,027 kg
Amostra 1	25,685 kg	Amostra 1	24,018 kg	Amostra 1	25,919 kg
Amostra 2	25,756 kg	Amostra 2	24,017 kg	Amostra 2	25,997 kg
Amostra 3	25,691 kg	Amostra 3	23,958 kg	Amostra 3	25,926 kg
ρ_{ap} Amostra 1	1477,5 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 1	1381,61 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 1	1490,96 kg/m ³
ρ_{ap} Amostra 2	1481,59 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 2	1381,55 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 2	1495,45 kg/m ³
ρ_{ap} Amostra 3	1477,85 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 3	1378,16 kg/m ³	ρ_{ap} Amostra 3	1491,37 kg/m ³
Média ρ_{ap}	1478,98 kg/m³	Média ρ_{ap}	1380,44 kg/m³	Média ρ_{ap}	1492,59 kg/m³

Fonte: Autores (2023)

No que se refere ao ensaio de massa específica do agregado miúdo (γ), realizado através do método do tubo de Chapman obteve-se uma média de 2650,00 kg/m³ (ou 2,65 g/cm³), os valores de ensaios por amostra obtidos podem ser verificados na Tabela 3. A admissão de tal valor, deve-se ao fato de que a diferença entre ambos os resultados obtidos não foi superior a 0,05 g/cm³ (ABNT, 2003).

Tabela 3 - Resultados de ensaios de massa específica do agregado miúdo obtidos através do método do tubo de Chapman

Item	Valor
γ Amostra 1	2,63 g/cm ³
γ Amostra 2	2,67 g/cm ³
Média de γ	2,65 g/cm ³

Fonte: Autores (2023)

Para a brita o valor médio da sua massa específica (ρ_s) obtida através do ensaio alternativo, explicado anteriormente, foi igual a 2839,58 kg/m³ (ou 2,83958 g/cm³), cujos valores individuais de ensaios por amostra podem ser verificados na Tabela 4. Apesar de não ter sido possível executar o ensaio exatamente através do procedimento normatizado, na admissão dos resultados utilizou-se o critério definido em norma vigente. Logo, considerou-se o valor acima informado, uma vez que este corresponde à média entre os valores obtidos para as duas primeiras amostras, que não variaram entre si mais que 0,02 g/cm³ (ABNT, 2021b).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Tabela 4 - Resultados de ensaios de massa específica do agregado graúdo obtidos através de ensaio alternativo

Item	Valor
Massa das Amostras 1, 2 e 3 secas	3000 g
Massa do conjunto (Frasco + Lâmina + Água)	3262 g
Massa do conjunto + Amostra 1	5203 g
Massa do conjunto + Amostra 2	5208 g
Massa do conjunto + Amostra 3	5198 g
Volume Amostra 1	1059 cm ³
Volume Amostra 2	1054 cm ³
Volume Amostra 3	1064 cm ³
ρ_s Amostra 1	2,83286 g/cm ³
ρ_s Amostra 2	2,84630 g/cm ³
ρ_s Amostra 3	2,81955 g/cm ³
Média da ρ_s entre a duas primeiras amostras	2,83958 g/cm³

Fonte: Autores (2023)

No caso do cimento, o valor estimado para a massa específica foi de 3000 kg/m³, uma vez que esta corresponde à média entre o valor máximo, de 3200 kg/m³, e o mínimo, de 2800 kg/m³, informados na ficha técnica do material (Votorantim Cimentos, 2020). Apesar de não ter sido possível verificar, através de ensaios, a exatidão de tal valor para o cimento utilizado, observou-se que em ensaios de massa específica realizados em outras pesquisas para o mesmo tipo de cimento apresentaram valores iguais ou muito próximos do valor definido (Carrijo, 2005; Fardin, 2020).

Um último dado obtido na fase de caracterização dos materiais foi a absorção de água da brita, cujo valor encontrado foi igual a 1,04% (Tabela 5). Este número foi obtido a partir da média entre os valores identificados para as duas primeiras amostras ensaiadas, pois estes não variaram entre si mais que 0,2%, enquanto o valor para terceira amostra ficou fora deste intervalo (ABNT, 2021c).

Tabela 5 - Resultados de ensaios de absorção de água do agregado graúdo

Item	Valor
Massa das Amostras Secas 1, 2 e 3	3000 g
Massa da Brita na Condição S.S.S. - Amostra 1	3033 g
Massa da Brita na Condição S.S.S. - Amostra 2	3029 g
Massa da Brita na Condição S.S.S. - Amostra 3	3026 g
Absorção de Água - Amostra 1	1,10%
Absorção de Água - Amostra 2	0,97%
Absorção de Água - Amostra 3	0,87%
Média de Abs. entre as duas primeiras amostras	1,04%

Fonte: Autores (2023)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

A areia utilizada no preparo do concreto apresentou umidade igual a 0% nos respectivos ensaios. Logo não foi necessário corrigir a quantidade de água no traço em função deste parâmetro. A Figura 9 exibe imagens da realização do ensaio de umidade, antes, durante e após a secagem, nas quais é possível perceber que a massa da areia não sofreu alteração antes e depois de ter sido aquecida.

Figura 9 - Registros fotográficos de ensaio de umidade do agregado miúdo (areia)



Fonte: Autores (2023)

A partir dos dados obtidos para a absorção de água da brita e para a umidade da areia constatou-se a necessidade apenas da adição de água à mistura, em quantidade suficiente para suprir aquela absorvida pelo agregado graúdo, enquanto não se fez necessária a sua redução em função daquela que já estaria presente na areia caso esta já não estivesse totalmente seca, como demonstrado. Este procedimento objetivou garantir que os concretos testados fossem produzidos exatamente com o fator *a/c* determinado pelo *App*, além de assegurar a condição A de preparo normatizada e definida inicialmente, bem como o seu desvio padrão correspondente (ABNT, 2022).

4.2. Resultados de ensaios de consistência do concreto no estado fresco

Após a inserção dos dados no aplicativo e a subsequente solicitação do cálculo de dosagem para o volume de 1 m³ e a divisão das massas individuais de cada um dos materiais pela massa do cimento, a fim de se obter o traço unitário em massa, obtiveram-se os seguintes proporções: Para um concreto cujo *Fck* desejado era 20 Mpa, o traço gerado foi 1 : 2,799 : 2,866 : 0,605 (cimento : areia : brita : água); para o *Fck* de 25 MPa, o traço obtido foi 1 : 2,291 : 2,471 : 0,521; já para o concreto de 30 MPa, foi 1 : 1,859 : 2,134 : 0,450.

Após o processo de mistura da massa de concreto, verificou-se que os valores obtidos nos ensaios de abatimento de tronco de cone mostraram-se extremamente baixos, sendo eles 0, 1 e 30 mm para os concretos cujos valores de *Fck* almejados foram 20, 25 e 30 MPa, respectivamente. Ressalta-se que as consistências dos traços utilizados nos testes afetaram bastante na trabalhabilidade do material, dificultando a moldagem e o adensamento do concreto, fato que por sua vez influenciou nos resultados dos ensaios que se seguiram. Na Figura 10 é possível observar a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

condição de consistência e os resultados obtidos para cada um dos concretos produzidos com os traços gerados.

Figura 10 - Registros fotográficos de ensaios de consistência pelo método de abatimento de tronco de cone



Fonte: Autores (2023)

Constatou-se que os valores obtidos divergiram muito do valor de 100 mm, definido inicialmente no aplicativo como parâmetro de dosagem, cujo desvio percentual variou entre -70% e -100%. Resultados a partir dos quais denota-se que a quantidade de água de amassamento informada pelo programa foi insuficiente para atingir a consistência e trabalhabilidade esperadas, apesar da sua correção realizada em função da umidade e absorção de água dos agregados, o que demonstra considerável inexatidão da atual versão do *App* neste quesito. Na Tabela 6 tais informações podem ser visualizadas individualmente para cada um dos três traços testados.

Tabela 6 - Desvios percentuais entre valores previstos e observados de abatimentos

Fck do traço	Abatimento previsto (mm)	Abatimento obtido (mm)	Desvio percentual do valor previsto
20 MPa	100	0	-100%
25 MPa	100	1	-99%
30 MPa	100	30	-70%

Fonte: Autores (2023)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

A consistência do concreto, a ser definida no início do cálculo de dosagem, depende do seu emprego, métodos e equipamentos utilizados no adensamento e lançamento e também da densidade de armaduras do elemento a ser moldado. “Elementos estruturais, com lançamento convencional” (que são, num primeiro momento, o alvo do aplicativo de dosagem, por representarem uma técnica tradicionalmente utilizada no Brasil) devem apresentar valores de abatimento compreendidos entre 100 e 160 mm (ABNT, 2015).

Por conseguinte, a divergência, entre a consistência plástica, normatizada, e as consistências secas e rijas, observadas, evidencia a necessidade de modificação do cálculo do consumo de água no algoritmo do App (Limeira, 2000; Andolfato, 2002). Para tal, faz-se necessária a realização de mais ensaios com os mesmos traços, com diferentes valores de fator a/c, com a finalidade de identificar a quantidade ideal de água a ser adicionada para que se obtenha a consistência desejada.

4.3. Resultados de ensaios de resistência à compressão axial do concreto

Acerca dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto, é importante destacar que os corpos de prova moldados apresentaram alguns defeitos, como pequenas cavidades na superfície (Figura 11), em consequência da dificuldade na moldagem gerada pela sua baixa trabalhabilidade. Devido à impossibilidade de produção de novos corpos de prova, em razão da escassez do tempo disponível para a realização da pesquisa, utilizou-se tais amostras nos posteriores ensaios de rompimento. Apesar das imperfeições observadas, as suas principais características geométricas verificadas (diâmetro, altura, relação h/d) permaneceram dentro dos respectivos intervalos admissíveis normatizados (ABNT, 2016; ABNT, 2018).

Figura 11 - Corpos de provas moldados apresentando pequenas cavidades em sua superfície



Fonte: Autores (2023)

No que tange os valores de resistência à compressão obtidos à idade de 28 dias, observou-se que nenhum dos corpos de prova chegou a atingir o F_{cm} ou mesmo o F_{ck} a partir dos quais seus respectivos traços foram calculados. Entretanto, alguns dos valores máximos atingidos mostraram-se razoavelmente próximos dos seus valores de F_{ck} correspondentes, apesar de inferiores. Constatou-se ainda que alguns grupos de amostras, de mesmo traço e idade, apresentaram alta variabilidade nos resultados (Tabela 7). Fato que possivelmente pode estar relacionado à sua qualidade, uma vez que a existência de descontinuidades na estrutura do material gera áreas de concentração de tensões, quando submetido a esforços (Hibbeler, 2019).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

Tabela 7 - Resultados de ensaios de resistência à compressão axial de corpos de prova cilíndricos de concreto

Fck previsto (MPa)	Idade (dias)	Nº do C.P.	Dimensões do C.P. (mm)		Área da base do C.P. (mm ²)	Carga de romp. (tf)	Tensão de romp. (MPa)	Média de resist. de grupos de amostras por idade (MPa)
			Diâmetro	Altura				
20 MPa	7	1	100,78	199,48	7976,98	9,33	11,5	11,8
		2	100,49	199,84	7931,14	9,87	12,2	
		3	100,39	198,44	7915,36	9,46	11,7	
	14	4	100,02	200,08	7857,12	12	15	14,3
		5	100,75	200,24	7972,23	11,74	14,4	
		6	100,65	199,64	7956,42	10,99	13,5	
	28	7	100,77	198,96	7975,4	11,17	13,7	16,1
		8	100,38	200,36	7913,79	13,82	17,1	
		9	100,63	200,21	7953,25	14,08	17,4	
25 MPa	7	1	100,44	199,86	7923,25	10,95	13,6	14,1
		2	99,9	199,02	7838,28	11,3	14,1	
		3	99,22	199,08	7731,94	11,59	14,7	
	14	4	100,59	200,39	7946,93	11,43	14,1	14,4
		5	99,04	198,5	7703,91	11,99	15,3	
		6	99,17	198,69	7724,15	10,94	13,9	
	28	7	99,98	198,91	7850,84	16,41	20,5	19,9
		8	99,32	198,97	7747,53	13,98	17,7	
		9	99,76	200,06	7816,33	17,02	21,4	
30 MPa	7	1	100,44	200,11	7923,25	15,09	18,7	17,8
		2	100,36	200,42	7910,63	14,46	17,9	
		3	99,82	200,19	7825,73	13,36	16,7	
	14	4	99,48	200,06	7772,51	19,43	24,5	23,4
		5	100,29	200,83	7899,6	20,48	25,4	
		6	100,07	199,86	7864,98	16,17	20,2	
	28	7	99,67	200,44	7802,23	17,43	21,9	23,3
		8	99,57	200,63	7786,58	14,44	18,2	
		9	99,84	200,61	7828,87	23,82	29,8	

Fonte: Autores (2023)

Durante a realização dos rompimentos das amostras ao longo dos dias percebeu-se também, para o concreto de 20 MPa, a evolução naturalmente esperada de resistências médias à compressão em progressão logarítmica, no entanto para os concretos de 25 e 30 MPa, houve variações. Para o concreto de 25 MPa, a observou-se um aumento de resistência entre as idades de 14 e 28 dias, maior que entre os 7 e 14 dias, situação divergente da esperada. Já para o concreto de 30 MPa, a

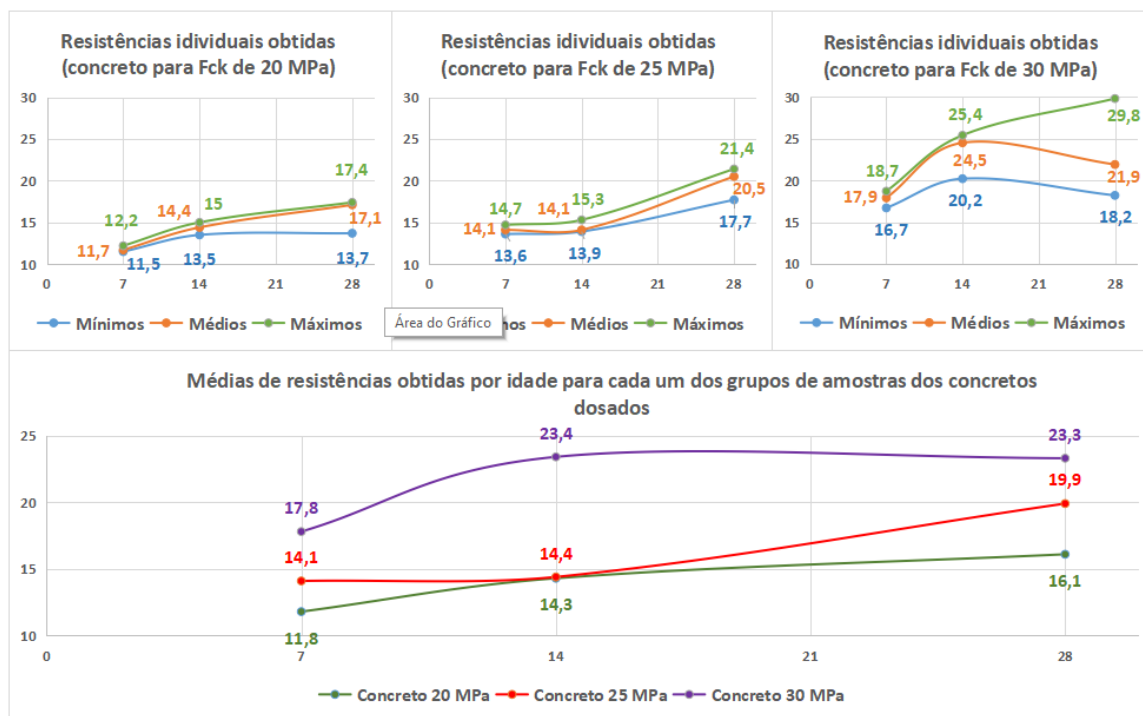


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

resistência média aos 28 dias atingiu valor levemente inferior à média aos 14 dias. Todavia, notou-se também que, para este grupo de amostras, houve uma variabilidade de resultados maior que nos demais (Figura 12). O que também pode estar associado à qualidade do concreto moldado.

Figura 12 - Gráfico de evolução das resistências individuais e médias dos corpos de prova rompidos aos 7, 14 e 28 dias de idade



Fonte: Autores (2023)

No que diz respeito à variação percentual entre valores previstos e obtidos nesse ensaio, verificou-se que ela foi superior a 20%, para menos, em quase todas as resistências individuais de corpos de prova, com exceção de apenas uma amostra do concreto dosado para 30 MPa, que variou 18,58%, para menos, do valor ideal. Entretanto para este mesmo traço houve também a maior variação observada, de -50,27%. Para os valores médios dos grupos de amostras, também houve variações superiores a 20%, sendo os maiores desvios percentuais visíveis no traço dosado para o Fck de 20 MPa, e os menores para o Fck de 30 MPa (Tabela 8).

As variações observadas, em sua maioria, confirmam a hipótese H4 proposta inicialmente, na qual afirma que os resultados apresentariam variações superiores a 20%, para mais ou para menos, do valor previsto pelo App. Entretanto, é importante destacar que tais resultados não se devem somente ao traço, mas também à qualidade do concreto moldado, que foi prejudicada pela baixa consistência da mistura no estado fresco. Desta forma foi possível observar que a proporção da água na mistura definida pelo programa não foi a ideal para que se obtivesse as propriedades desejadas,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

uma vez que tanto os valores de consistência quanto de resistência mostraram-se muito inferiores aos estabelecidos.

Tabela 8 - Desvio percentual dos valores de resistência observados no ensaio rompimento à compressão axial do concreto à idade de 28 dias

Fck previsto (MPa)	Fcm previsto (MPa)	Idade (dias)	Nº do C.P.	Tensão de rompimento (MPa)	Desvio percentual individual por C.P.	Resistência média das amostras por idade (MPa)	Desvio percentual das médias das amostras
20	26,6	28	7	13,7	-48,50%	16,1	-39,47%
			8	17,1	-35,71%		
			9	17,4	-34,59%		
25	31,6	28	7	20,5	-35,13%	19,9	-37,03%
			8	17,7	-43,99%		
			9	21,4	-32,28%		
30	36,6	28	7	21,9	-40,16%	23,3	-36,34%
			8	18,2	-50,27%		
			9	29,8	-18,58%		

Fonte: Autores (2023)

Essa afirmação, todavia, não pôde ser atestada para as proporções entre os outros materiais constituintes. Pois além a grande presença de vazios, observados nos corpos de prova, outro fator que pôde ter reduzido a resistência do concreto foi justamente a quantidade de água adicionada à mistura, pois a sua adição em quantidades insuficientes pode não garantir a reação de hidratação adequada do cimento e, conseqüentemente, não promovendo a melhor união possível entre os agregados (Santos *et al.*, 2019). Condição que presumivelmente poderia ter sido alcançada se utilizado o fator *a/c* apropriado, ainda que se mantivesse a mesma proporção entre os outros materiais.

Por outro lado, ressalta-se que ainda que o fator água-cimento indicado pelo aplicativo seria o ideal para a resistência desejada, segundo o critério apenas da lei de Abrams (ou seja, considerando apenas a relação matemática inversa existente entre a resistência à compressão e o fator *a/c*), para quantidades muito baixas de água amassamento a produção do concreto torna-se impraticável ou acaba sendo prejudicada, afetando o resultado final, como observado durante os experimentos desta pesquisa. Sendo preferível, nestas situações aumentar ligeiramente o valor do fator *a/c*, para se obter uma melhor trabalhabilidade e um concreto com menos falhas provenientes do processo de moldagem (Alves; Oliveira, 2021).

Tal como no caso dos resultados de consistência, pode-se afirmar que apenas os resultados obtidos na presente pesquisa não se mostraram suficientes para constatar com clareza a acurácia do aplicativo de dosagem, visto que foi possível verificar a inexatidão da determinação dos fatores *a/c*



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

calculados, mas não da proporção entre os outros materiais. Sendo prudente a execução de uma quantidade maior de ensaios, para diferentes fatores a/c , a fim de que se possa avaliar quais seriam as máximas resistências obtidas para os traços gerados, a partir da alteração desse parâmetro.

5. CONSIDERAÇÕES

Após a exposição dos resultados, conclui-se que a presente pesquisa foi capaz de proporcionar certas contribuições teóricas, dentre as quais destaca-se a correlação observada entre os traços, gerados pelo programa, e os dados de consistência e resistência à compressão, verificados. De forma que a execução dos ensaios de caracterização realizados inicialmente permitiram que essa contribuição se desse de forma um pouco mais aprofundada, visto que as características do concreto no estado fresco e endurecido não resultam apenas da proporção entre os diferentes materiais constituintes, mas também das características destes. O fornecimento de todas estas informações contribui, ainda que brevemente, para o melhor entendimento desta relação de causa e efeito.

Acerca da baixa exatidão observada entre os valores previstos pelo aplicativo e observados nos ensaios, o trabalho contribui de forma a demonstrar a defasagem de algumas tabelas e coeficientes de fórmulas, presentes no método ABCP e na literatura (que foram incorporadas ao algoritmo do aplicativo), em relação aos materiais utilizados na atualidade. Ponderação direcionada sobretudo à tabela de determinação de consumo de água no método, que foi incapaz de prever a quantidade correta deste item para os traços em função do abatimento indicado.

Do ponto de vista prático, as contribuições do trabalho estão relacionadas primeiramente à verificação de que as variações dos valores medidos e previstos das propriedades do concreto mostraram-se negativamente bastante elevadas, não podendo-se garantir a segurança de eventuais estruturas produzidas com os traços gerados pelo *App*. O que evidencia alguns dos desafios a serem superados para que o programa se torne viável. A pesquisa destaca-se de outros trabalhos similares também pela realização experimental de testes em laboratório com os traços gerados, verificando não apenas os desvios de resultados de ensaios de resistência à compressão, mas também de sua consistência no estado fresco.

No quesito prático, a pesquisa colabora fornecendo informações a respeito da interface, do princípio lógico do algoritmo, ou mesmo de algumas funcionalidades úteis adicionadas ao programa que podem auxiliar ou inspirar o desenvolvimento de outros *softwares* similares ou correlatos. Dentre estas últimas pode-se destacar a opção de gravação de dados de cimentos testados e a geração de curvas de Abrams a partir de cálculo de regressão linear, que permite o aumento progressivo da precisão do *App* à medida que mais resultados forem sendo obtidos para diferentes traços. Princípio que pode ser aplicado a outras etapas do método, permitindo a atualização de suas tabelas e a sua adaptação a uma gama maior de materiais diferentes disponíveis.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

No que tange às contribuições sociais, pode-se afirmar que estas ocorreram de forma indireta, pois apesar de não ter sido verificada a possibilidade de utilização comercial da versão atual programa, a pesquisa foi capaz de apresentar conceitos, métodos e ferramentas que podem fornecer um estímulo à inovação, atraindo o interesse de estudantes, pesquisadores, empresários e entusiastas, com seus diferentes conhecimentos, à oportunidade comercial existente nesta intersecção entre os campos da tecnologia da informação e da ciência dos materiais. Especialmente no caso do tão difundido e tradicional material concreto.

Esse enfoque mostra-se conveniente pois promove a construção de um cenário desejável, no qual o desenvolvimento e aperfeiçoamento de ferramentas como o aplicativo de dosagem estudado oportuniza o surgimento de novos empregos, o aumento da segurança e durabilidade das estruturas construídas e um aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais. Todos esses fatores contribuem para a manutenção e melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Durante a realização da pesquisa, como informado anteriormente, devido à impossibilidade de utilização dos equipamentos especificados em norma para a realização de alguns ensaios, à limitação de recursos financeiros e principalmente ao intervalo de tempo disponível para a realização da pesquisa, recorreu-se a algumas adaptações, através da utilização de normas desatualizadas bem como de procedimentos e equipamentos alternativos não normatizados.

Apesar das limitações descritas, a lacuna por elas gerada felizmente revela-se como uma oportunidade para a realização de futuras pesquisas, nas quais a realização de testes com os equipamentos e procedimentos mais adequados e atualizados garantiria uma maior assertividade à pesquisa. Uma segunda opção de trabalho seria a execução dos mesmos ensaios para diferentes fatores a/c , a inserção no aplicativo os dados obtidos nos ensaios, a fim de que este calculasse uma nova curva de Abrams, e avaliar a exatidão dos resultados de concretos produzidos com traços dosados a partir dela.

Essa investigação avaliaria mais profundamente não apenas a acurácia da parte do algoritmo voltado para o cálculo de dosagem do método ABCP, mas também daquela responsável pelo cálculo de regressão linear da funcionalidade de geração de curvas de Abrams. Outras possibilidades ainda de pesquisas correlatas seriam a verificação da exatidão dos resultados de traços gerados pelo App para outros tipos de agregados e aglomerantes, considerando as suas respectivas características.

REFERÊNCIAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 2002.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 22p.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16915**: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 2021a.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021c.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021b.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16886**: Concreto - Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7216**: Amostragem de agregados. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ALVES, H. R. de S. R.; OLIVEIRA; M.P. de. **Simulação de procedimentos de cura para avaliação da resistência à compressão de concreto de cimento Portland**. 2021. Artigo (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) - Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2021.
- AMBROZEWICZ, P.H.L. **Materiais de Construção**. São Paulo: Pini, 2012.
- ANDOLFATO, R.P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira: [s. n.], 2002.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- BAUER, L. A. F.; NORONHA, M.A.A. Estudo de dosagem. In: BAUER, L. A. F. (Org.). **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. p. 186-239.
- BAULÉ, D. de S.; WANGENHEIM, C. G. von; WANGENHEIM, A. Von; HAUCK, J. C. R. Recent Progress in Automated Code Generation from GUI Images using Machine Learning Techniques. **Journal of Universal Computer Science**, Graz, v. 26, n. 9, p. 1095-1127, 2020.
- BOGGIO, A.J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. 2000. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
 PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
 Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da Computação: Uma Visão Abrangente**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2016.

CASAGRANDA, H.R. **Concreto**: Evolução das suas aplicações, da sua origem até a atualidade. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

CLAISSE, P. A. **Materiais de Construção Civil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

CUNHA, J. S.; MALUF, M. N. **Desenvolvimento de aplicativo Android para leitura digital autônomo**. 2022. Artigo de Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) – UNINTER, Santana, 2022.

EUZÉBIO, L. E.; PEREIRA, W. F. **Traço Fácil**: um sistema web para dosagem de concreto convencional utilizando a metodologia da ABCP. 2021. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Campus Balsas, Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

FARDIN, H. E. **Avaliação do desempenho mecânico de concreto compactado com rolo, dosado com agregado reciclado de concreto, para base de pavimentos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2020.

FRANCELIN, T. B.; MARCO, G. de; FLORIAN, F. Análise de dosagem de concreto para a construção de fundações. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, Jundiaí, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2022.

FREITAS, I. L. B. **Desenvolvimento de um ferramenta para dispositivos móveis para dosagem de concreto**. 2018. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

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

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. Brasília: Pini, 1992.

HERNÁNDEZ, R. C.; MEDINA, P. M. C. Transformaciones en los hábitos de comunicación y sociabilidad através del incremento del uso de redes sociodigitales en tiempos de pandemia. **Ámbitos: Revista Internacional de Comunicación**, n. 52, p. 37-51, 2021.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos materiais**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

KAEFER, L. F. **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo: Pearson, 1998.

KLEIN, V. A. **Física do Solo**. Passo Fundo: UPF, 2008.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
 PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
 Samuel Silva Aguiar, Edigar Alves da Silva

- LIMEIRA, R. D. **Concreto - Qualidade, Classificação e Propriedades**. Campinas: Ceset/Unicamp, 2000.
- MAZUCATO, T. (Org.). **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: FUNEPE, 2018.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.
- MENEZES, A. H. N. *et al.* **Metodologia Científica Teoria e Aplicação na Educação a Distância**. Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019.
- MERCOSUL. **NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Montevidéu: [s. n.], 2001.
- MERCOSUL. **NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios**. Montevidéu: [s. n.], 2000.
- MERCOSUL. **NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Montevidéu: [s. n.], 1996.
- MESQUITA, F. J. M. **Desenvolvimento de um aplicativo móvel para promover o reaproveitamento de resíduos na dosagem de concreto**. 2019. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético) – Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal Rural do Pará, Tucuruí. 2019.
- NASCIMENTO, M. W. F. do; GUEDES JUNIOR, R. R. **Análise comparativa entre os métodos ABCP e EPUSP/IPT de dosagem de concreto de cimento Portland**. 2017. Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis. 2017.
- OBERLEITNER, A.; MASIERO, A. A. **Programação orientada a objetos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2021.
- PEREIRA, A. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSM, 2018.
- PINHEIRO, A. P.; PINHEIRO, F. O uso do celular em tempos de pandemia - Uma análise da nomofobia entre os jovens. **Revista Tecnologias Educacionais em Rede**, Santa Maria, v. 2, n. 3, p. 1-15, 2021.
- PONTES, A. L.; HIRATA, L. C.; NEVES, D. L. F. O Home Office na pandemia de Covid-19: Uma perspectiva da eficiência dos profissionais da tecnologia da informação. **Revista Fatec Zona Sul**, Santa Maria, v. 7, n. 5, p. 1-16, 2021.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. da S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.
- RICCI, B. O. L.; PEREIRA, A. M.; AKASAKI, J. L. Estudo de dosagens visando obter concretos para obras de pequeno porte. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 197-216, 2017.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DE UM APLICATIVO MÓVEL
PARA DOSAGEM DE CONCRETO CONVENCIONAL
Samuel Silva Aguiar, Edgar Alves da Silva

SANTOS, A. C. dos. **Desenvolvimento de um aplicativo para dosagem de concreto convencional.** 2016. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SANTOS, R. W. dos. Avaliação da Resistência à Compressão de Concreto de Pós Reativos (CPR) Moldado Sob Pressão. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO*, 61., 2019, Fortaleza. **Anais** [...] Fortaleza: IBRACON, 2019. p. 1-14.

SARTORTI, A. L. Influência do agregado miúdo na resistência à compressão do concreto. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 83-98, 2019.

SAVARIS, G.; PINTO, R.C.A. Influência do agregado graúdo na resistência ao cisalhamento de vigas de concreto autoadensável. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 10, p. 30-40, 2017.

SCHLEDER, G. R.; FAZZIO, A. Machine Learning na Física, Química, e Ciência de Materiais: Descoberta e Design de Materiais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, 2021.

SENA, T. de S. *et al.* Avaliação da qualidade dos agregados empregados na produção de concreto no município de Araruna, Paraíba. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 60, n. 4, p. 1235-1255, 2022.

SILVA, P.G. **Estudo da conformidade dos concretos produzidos em obras de pequeno e médio porte, na cidade de Varginha, conforme parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 12655:2015.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2017.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais.** Porto Alegre: Amgh Editora, 2013.

SOUZA, P. A. G. de. **Criação de aplicativo para cálculo de traço e volume de concreto em canteiro de obra.** 2020. Artigo (Bacharelado em Engenharia Civil) – Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, São Paulo, 2020.

STATISTA. **Mobile operating systems' market share worldwide from 1st quarter 2009 to 4th quarter 2022.** [S. l.]: Statista, 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

THOMSEN, V. Precision and The Terminology of Measurement. *In: THOMSEN, V. (Ed.). The Physics Teacher.* Maryland: American Association of Physics Teachers, 1997. p. 15-17.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. *In: ISAIA, G.C. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia.* São Paulo: IBRACON, 2011. p. 415-451.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos.** Votorantim: Votorantim Cimentos, 2020.