

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA DOSAGEM DE CONCRETO¹

FREITAS, I. L. B., Universidade Federal Rural do Semi-Árido, email: ilourranybf@gmail.com;
SOUZA, P. H. E., Universidade Federal Rural do Semi-Árido, e-mail:
paulohenrique815@hotmail.com, SARAIVA, R. L. P., Centro Universitário Christus, e-mail:
raisseps@gmail.com; BEZERRA, E. M. F., Centro Universitário Christus, e-mail:
eric_mateusjes@hotmail.com

ABSTRACT

Concrete is one of the most important building materials and its quality depends on an adequate dosage of its constituent materials. Taking into account the need to provide tools that facilitate the execution of construction activities, this work deals with the development of an Android App capable of quickly and efficiently calculating the strength of conventional resistance concrete following the method proposed by the Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), one of the best known nationally. For the development of the App, use was made of MIT App Inventor 2, a virtual environment of application development. The results found by the application were shown to be consistent with those obtained by means of manual resolution, demonstrating the potential use of the developed tool, either as an aid to the civil engineer or the engineering student.

Keywords: Android App. Concrete. Dosage.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, estando presente em diferentes etapas de diversos tipos de obras. Para que o concreto possua desempenho adequado, é necessário determinar a proporção dos seus materiais constitutivos que conduz à mistura as melhores propriedades para os fins no qual o mesmo está sendo projetado. A qualidade do concreto não está, portanto, condicionada apenas à qualidade dos materiais, o que torna, de acordo com Boggio (2000), a devida aplicação dos métodos para definição dessas proporções uma etapa imprescindível para potencializar o desempenho do concreto. O processo através do qual é possível encontrar a quantidade de cada material com o objetivo de obter um material que atenda a determinados requisitos físicos, químicos e mecânicos é denominado dosagem (RECENA, 2015). À proporção resultante desse processo dá-se o nome de traço.

Embora seu emprego seja feito de forma satisfatória há décadas, diversas pesquisas ainda são desenvolvidas com intuito de aprimorar a tecnologia do concreto. Com isso, pesquisas envolvendo o concreto ainda são muito presentes no âmbito acadêmico, o que torna corriqueira a necessidade da aplicação da dosagem. Além disso, em muitas regiões (principalmente aquelas distantes dos grandes centros urbanos) não se dispõe de concreto usinado (ou o baixo volume não justifica seu uso), sendo o concreto produzido

¹ FREITAS, I. L. B.; SOUZA, P. H. E.; SARAIVA, R. L. P.; BEZERRA, E. M. F. Desenvolvimento de uma ferramenta para dispositivos móveis para dosagem de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ENTAC, 2018

diretamente no canteiro obra, com a dosagem balizada por regras práticas adquiridas com a experiência. Recena (2015) ressalta que o controle de qualidade é, muitas vezes, menosprezado até mesmo por profissionais de nível superior.

As ferramentas computacionais mostram-se como uma excelente forma de auxiliar tanto o profissional quanto o estudante de engenharia, considerando a grande quantidade de tarefas que estes precisam executar diariamente. Por meio destas, é possível diminuir o tempo despendido com atividades onerosas, como é o caso do cálculo do traço para o concreto. Este processo, embora envolva apenas operações matemáticas básicas, exige atenção por ser determinante para que se obtenha um concreto de boa qualidade no que diz respeito principalmente à resistência e à durabilidade.

Devido ao dinamismo inerente às construções, a mobilidade passa a ser um requisito substancial no desenvolvimento de produtos desta área (BEZERRA et al, 2017). Em relação a este requisito, o computador não se mostra como a alternativa mais vantajosa (LOPES; CHAVES; BEZERRA, 2018). Mobilidade de acesso e obtenção mais rápida de informações tem justificado cada vez mais a utilização de dispositivos móveis.

A ampla utilização dos *smartphones* trouxe uma dependência que tornou difícil imaginar alguém, de qualquer faixa etária, que não tenha uma conexão constante com estes. A demanda pelo desenvolvimento de ferramentas para dispositivos móveis para auxiliar em atividades específicas tem aumentado concomitantemente ao aumento do acesso e do poder de processamento dos mesmos. Para atividades mais simples, como o cálculo do traço do concreto, por exemplo, os aplicativos se tornam bastante atrativos por proporcionarem um acesso a informações mais rápido, seja no canteiro de obras, na sala de aula ou no laboratório.

Diante do exposto, este trabalho objetiva apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta, denominada *fcCalc*, para dispositivos móveis que usem sistema operacional *Android* e que possa ser utilizado, de forma simples e intuitiva, na dosagem do concreto. Como não há no Brasil um consenso sobre um método de dosagem padrão (HELENE; TERZIAN, 1992), a ferramenta será baseada no método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que é um dos métodos mais difundidos nacionalmente. O mesmo é recomendado para concreto convencionais moldados *in loco*, cujos agregados se adequem às exigências da NBR 7211 (ABNT, 2009) (RODRIGUES, 1984). A implementação será feita no *MIT App Inventor 2*.

2 ESTRUTURA DO APLICATIVO

Para o desenvolvimento da ferramenta tema deste trabalho, denominada *fcCalc*, escolheu-se o *MIT App Inventor 2*, um ambiente online² e gratuito de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis com sistema operacional *Android*. Diferente de outros ambientes de desenvolvimento,

² O MIT App Inventor 2 pode ser acessado através do site ai2.appinventor.mit.edu/.

como o *Android Studio*, o *MIT App Inventor 2* não exige a instalação de um compilador, pois o aplicativo criado é compilado no próprio site.

Muitas vezes, a necessidade de conhecimento prévio em uma linguagem de programação limita os aspirantes a programadores e, por conseguinte, o desenvolvimento de aplicativos. Entretanto, o *MIT App Inventor 2* possibilita a criação de aplicativos sem que o desenvolvedor domine uma linguagem de programação. Neste, a programação é estrutura por blocos, dispensando escrever linhas de códigos. Além disso, conta com uma interface bastante intuitiva, com informações detalhadas sobre o que cada componente faz.

Ao abrir o *fcCalc* é mostrada a tela inicial na qual o usuário deve inserir as propriedades de cada um dos materiais, conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1 – Dados de entrada do aplicativo

Fonte: Os autores.

A tela inicial possui 3 botões: um botão de informação no canto superior direito da tela, um botão de ajuda com valores para o módulo de finura da areia de acordo com a granulometria e o botão “Calcular”.

Também são mostrados valores de sugestão em uma cor mais clara dentro das caixas de texto destinadas à inserção das propriedades de cada material, caso o usuário não saiba o valor de alguma propriedade poderá utilizar o valor sugerido. Esses valores foram retirados do trabalho de Silva (2016).

Pressionado o botão calcular, o aplicativo fornece o traço em massa e em volume, conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Saída de dados do aplicativo



Fonte: Os autores.

O aplicativo segue a sequência de cálculo proposta por Rodrigues (1984). O primeiro passo executado é a obtenção da relação água/cimento através das curvas de Walz. Para automatizar esse processo, obteve-se as funções que melhor ajustam cada uma das curvas dos cimentos de resistência igual a 25, 30, 32, 35 e 40 MPa. Para cada uma das curvas, observou-se que funções do tipo logarítmicas foram as que melhor aproximaram a equação da relação água/cimento em função da resistência média do concreto à compressão para a idade de j dias (f_{cmj}) (R^2 mais próximos de 1), que inclui o desvio padrão de dosagem proposto pela NBR 12655 (ABNT, 2015). As funções e os valores de R^2 para cada curva do cimento são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Equações para encontrar a relação água/cimento

Resistência do cimento à compressão aos 28 dias (MPa)	Equação	R^2
25	$a/c = -0,359 \cdot \ln f_{cmj} + 1,6012$	0,9993
30	$a/c = -0,355 \cdot \ln f_{cmj} + 1,6511$	0,9996
32	$a/c = -0,364 \cdot \ln f_{cmj} + 1,7556$	0,9995
35	$a/c = -0,351 \cdot \ln f_{cmj} + 1,693$	0,9995
40	$a/c = -0,357 \cdot \ln f_{cmj} + 1,759$	0,9997

Fonte: Os autores.

O segundo passo executado é o cálculo do consumo de água a partir do abatimento do concreto e da dimensão máxima do agregado graúdo

fornecidos. Com os valores de consumo de água e da relação água/cimento encontrados, o aplicativo calcula o consumo de cimento. Em seguida é calculado o consumo de agregado graúdo utilizando a massa unitária da brita fornecida pelo usuário e o volume de brita, calculado a partir do módulo de finura da areia e da dimensão máxima da brita informadas. O volume de brita, originalmente, é encontrado a partir do módulo de finura da areia e da dimensão máxima do agregado graúdo. Com as massas específicas dos materiais informadas na tela inicial e os cálculos de consumo de cimento, brita e água feitos, o aplicativo calcula o consumo de areia. Depois de calculados os consumos de todos os materiais (cimento, areia, brita e água), é feito o cálculo do traço tanto em massa quanto em volume. O traço em massa é apresentado de 3 formas: unitário (proporção de materiais para 1 kg de cimento), para 1 m³ de concreto e para 1 saco de cimento de 50 kg. Assim como o traço em massa, o traço em volume também é apresentado de forma unitária, para 1 m³ de concreto e para 1 saco de cimento de 50 kg.

3 APLICAÇÃO NUMÉRICA

Como forma de validar o aplicativo, serão comparados os resultados da resolução manual e os obtidos pelo aplicativo a partir dos dados abaixo.

- Cimento: CP II-F 40;
- Massa específica do cimento: 2989 kg/m³;
- Módulo de finura da areia: 2,48;
- Massa específica da areia: 2607,7 kg/m³;
- Massa unitária da areia: 1528 kg/m³;
- Dimensão máxima da brita: 19 mm;
- Massa específica da brita: 2675 kg/m³;
- Massa unitária da brita: 1501,99 kg/m³;
- $f_{ck} = 25$ MPa;
- Abatimento entre 80 e 100 mm;
- Condição de preparo A.

As Figuras 3 e 4 mostram os resultados obtidos pelo aplicativo, para os valores fornecidos no início desta seção, quando o botão “Relatório” é acionado.

Figura 4 – Relatório com resultados obtidos pelo aplicativo
(Parte I)

RELATÓRIO

DADOS INICIAIS

Cimento
 Massa específica: 2989 kg/m³
 Resistência aos 28 dias: 40 MPa

Areia
 Módulo de finura: 2.48
 Massa específica: 2607.7 kg/m³
 Massa unitária: 1528 kg/m³

Brita
 Dimensão máxima: 19.0 mm
 Massa específica: 2675 kg/m³
 Massa unitária: 1501.99 kg/m³

Concreto
 fck: 25 MPa
 Abatimento: 80 a 100 mm

RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO (a/c)

a/c = **0.53**

CONSUMO DE ÁGUA, Cw

Cw = **205.00 kg/m³ de concreto**

CONSUMO DE CIMENTO, Cc

Cc = **389.57 kg/m³ de concreto**

CONSUMO DE BRITA, Cb

Cb = **1054.35 kg/m³ de concreto**

CONSUMO DE AREIA, Ca

Ca = **705.42 kg/m³ de concreto**

TRAÇO EM MASSA

Unitário:
 $\frac{Cc}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Cw}{Cc} : a/c$
1 : 1.81 : 2.71 : 0.53

Para 1 m³ de concreto:

CONSUMO DE CIMENTO, Cc

Cc = $\frac{Cw}{a/c}$ Cc = **389.57 kg/m³ de concreto**

CONSUMO DE BRITA, Cb

Cb = Vb * δb Vb = **0.70 m³/m³ de concreto**
 Cb = **1054.35 kg/m³ de concreto**

CONSUMO DE AREIA, Ca

Ca = ρa * [1 - ($\frac{Cc}{\rho c} + \frac{Cb}{\rho b} + \frac{Cw}{\rho w}$)]

Ca = **705.42 kg/m³ de concreto**

TRAÇO EM MASSA

Unitário:
 $\frac{Cc}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Cw}{Cc} : a/c$
1 : 1.81 : 2.71 : 0.53

Para 1 m³ de concreto:

(Parte II)

CONSUMO DE AREIA, Ca

Ca = ρa * [1 - ($\frac{Cc}{\rho c} + \frac{Cb}{\rho b} + \frac{Cw}{\rho w}$)]

Ca = **705.42 kg/m³ de concreto**

TRAÇO EM MASSA

Unitário:
 $\frac{Cc}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Cw}{Cc} : a/c$
1 : 1.81 : 2.71 : 0.53

Para 1 m³ de concreto:

Cc : Ca : Cb : Cw
389.57 : 705.42 : 1054.35 : 205.00

Para 1 saco de cimento (50 kg):

$\frac{Cc}{Cc} * 50 : \frac{Ca}{Cc} * 50 : \frac{Cb}{Cc} * 50 : a/c * 50$
50 : 90.54 : 135.32 : 26.31

TRAÇO EM VOLUME

Unitário:
 $\frac{Cc}{Cc} : \frac{Ca}{\delta a} : \frac{Cb}{\delta b} : a/c$
1 : 1.19 : 1.80 : 0.53

Para 1 m³ de concreto:

$\frac{Cc}{Cc} * Cc : \frac{Ca}{\delta a} * Cc * 1000 \text{ dm}^3 : \frac{Cb}{\delta b} * Cc * 1000 \text{ dm}^3 : Cw$
389.57 : 461.66 : 701.97 : 205.00

Para 1 saco de cimento (50 kg):

$\frac{Cc}{Cc} * 50 : \frac{Ca}{\delta a} * 50 * 1000 \text{ dm}^3 : \frac{Cb}{\delta b} * 50 * 1000 \text{ dm}^3 : a/c * 50$
50 : 59.25 : 90.10 : 26.31

Notações utilizadas
 ρ : símbolo para massa específica;
 δ : símbolo para massa unitária;

Fonte: Os autores.

A Tabela 2 reúne todos os resultados obtidos pelo aplicativo e pelo cálculo manual. Observa-se que há pequenas diferenças entre os resultados do cálculo manual e os do aplicativo, sendo estas atribuídas aos arredondados no cálculo manual.

Tabela 2 - Resultados encontrados pelo cálculo manual e pelo aplicativo

Resultados	Cálculo manual	Aplicativo
a/c	0,53	0,53
C_w (kg/m ³ de concreto)	205	205
C_c (kg/m ³ de concreto)	386,79	389,57
V_b (m ³ /m ³ de concreto)	0,702	0,7
C_b (kg/m ³ de concreto)	1054,4	1054,35
C_a (kg/m ³ de concreto)	707,8	705,42
Traço em massa unitário	1 : 1,83 : 2,73 : 0,53	1 : 1,81 : 2,71 : 0,53
Traço em volume unitário	1 : 1,2 : 1,81 : 0,53	1 : 1,19 : 1,80 : 0,53

Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÕES

A principal proposta do presente trabalho é o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis com sistema operacional *Android* que torne possível a dosagem de concreto seguindo o método proposto pela ABCP. Tendo em vista que a ferramenta desenvolvida, denominada *fcCalc*, calcula o traço do concreto de forma rápida e eficiente, mostrando resultados coerentes com a solução manual, pode-se afirmar que o objetivo do trabalho foi alcançado.

O aplicativo criado possui uma interface intuitiva, de fácil utilização, permitindo que não se perca tempo na realização do cálculo da dosagem do concreto e reduzindo a chance de erros que poderiam acontecer no cálculo manual. A partir da inserção dos dados na tela inicial do aplicativo, os resultados são fornecidos rapidamente e de forma clara, possibilitando também a consulta a um relatório detalhado das etapas de cálculo para encontrar o traço tanto em massa quanto em volume.

O *fcCalc* pode, assim, ser aplicado tanto no canteiro de obras como em aulas e pesquisas. Destaca-se que, através da manipulação dos seus dados de entrada, é possível, por exemplo, investigar a influência dos parâmetros no comportamento do concreto, ou comparar suas soluções com as obtidas analiticamente.

Considerando os benefícios supracitados e a praticidade e mobilidade proporcionadas pelo uso do aplicativo produzido, este se mostra como uma ferramenta com potencial para ser utilizada tanto no âmbito profissional quanto acadêmico.

REFERÊNCIAS

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2005.

BEZERRA, E. M. F.; OLIVEIRA, J. I. F.; ARAÚJO, D. A. M.; MELO, A. M. C. Aplicativo Android para análise e dimensionamento de lajes nervuradas em concreto armado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59, 2017, Bento Gonçalves. **Anais...** [S.l.]: CBC, 2017.

BOGGIO, A. J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Pini: São Paulo, 1992.

LOPES, H. M. T.; CHAVES, W. K. C.; BEZERRA, E. M. F. Aplicativo para dispositivos móveis para o dimensionamento de peças de madeira sujeitas à tração e compressão. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3, 2018, São Carlos. **Anais...** [S.l.]: CLEM, 2018. Disponível em: <<http://soac.eesc.usp.br/index.php/ebramem/xviebramem/paper/view/1085/663>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. 3ª ed. ediPUCRS: Porto Alegre, 2015.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de dosagem racional do concreto**. São Paulo: ABCP, 1984.

SILVA, J. H. **Influência da adição de sílica ativa sobre a resistência e a tenacidade à fratura de concretos de cimento Portland para utilização em pavimentos rígidos rodoviários**. 2016. 151 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.