

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
COLEGIADO DE ENGENHARIA CIVIL
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**JOÃO VITOR BORTOLOTTI
YASMIN DOS REIS BATISTA**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MULTIPLATAFORMA PARA
CÁLCULO DE DOSAGEM DE CONCRETO – MÉTODO IPT/EPUSP**

**VITÓRIA - ES
2022**

JOÃO VITOR BORTOLOTTI
YASMIN DOS REIS BATISTA

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MULTIPLATAFORMA PARA CÁLCULO DE DOSAGEM DE CONCRETO – MÉTODO IPT/EPUSP

Projeto de Graduação dos alunos João Vitor Bortolotti e Yasmin dos Reis Batista, apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Pilar

VITÓRIA - ES

2022

JOÃO VITOR BORTOLOTTI
YASMIN DOS REIS BATISTA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MULTIPLATAFORMA PARA
CÁLCULO DE DOSAGEM DE CONCRETO – MÉTODO IPT/EPUSP**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ronaldo Pilar
Universidade Federal do Espírito Santo
DEC/CT/UFES
Orientador

Prof.^a Ph.D. Jamilla Emi Sudo Lutif Teixeira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

Prof.^a Dr.^a Karla Maria Wingler Rebelo
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

VITÓRIA – ES, 25 de Março de 2022

AGRADECIMENTOS

Às nossas famílias, principalmente aos nossos pais, irmãos e namorados, que nos deram amor, apoio e incentivo para chegar até aqui.

À Universidade Federal do Espírito Santo pelo ensino gratuito e de qualidade, pelos conhecimentos e experiências que nos foram proporcionados.

Ao nosso orientador Prof. Dr Ronaldo Pilar, que mesmo passando por um momento único em sua vida se fez presente, nos dando orientação e incentivo que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

A todos os professores do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, que nos ensinaram tanto ao longo desses anos, nos passaram seus conhecimentos e acreditaram no nosso potencial de ser engenheiros.

Aos colegas de turma, por todos os momentos vividos juntos, pelas risadas, desabafos, pelos momentos de apoio e de ensinamentos, sejam eles virtuais ou presenciais.

Aos amigos e colegas de trabalho, por compreenderem e apoiarem nossa dedicação a este trabalho.

À todas as pessoas, que de alguma forma, se fizeram importantes e contribuíram para a execução deste projeto.

RESUMO

O uso de *softwares* já é algo comum na nossa sociedade. A aplicação dessas novas tecnologias na construção civil contribui para acurácia dos projetos e, consequentemente, facilita a execução do processo construtivo em um setor que não há espaço para negligências ou falhas. No que diz respeito à dosagem de concreto, é uma etapa realizada em toda obra da construção civil, que utilize esse material, e por todo estudante que almeja o título de bacharel em engenharia civil. Entretanto, não há aplicativos de referência, com fácil acesso e amplamente divulgados que realizem esse cálculo. O objetivo deste trabalho é, portanto, desenvolver um aplicativo na *WEB* multiplataforma que contemple os cálculos de dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP, devolvendo ao usuário de forma didática toda a composição e traço. O aplicativo foi desenvolvido na linguagem de programação *JavaScript*, sendo voltado, principalmente, para estudantes e professores de engenharia civil, engenheiros e técnicos em edificações. Os resultados do programa foram validados com exemplos obtidos da bibliografia e a aplicação foi publicada na *WEB*, podendo ser utilizada em dispositivos no formato *smartphone* ou *desktop*, facilitando o acesso a toda sociedade e propagando conhecimento de qualidade sobre este assunto.

Palavras-chaves: dosagem de concreto, aplicativo na *WEB*, cálculo, construção civil, engenharia civil, *JavaScript*, Método IPT/EPUSP

ABSTRACT

The use of softwares is already common in our society. The application of these new technologies in civil construction contributes to the accuracy of projects and, consequently, facilitates the execution of the construction process in a sector where there is no room for negligence or failures. With regard to the dosage of concrete, it is a step performed in every civil construction work, that uses this material, and by every student who wants a bachelor's degree in civil engineering. However, there are no easily accessible and widely publicized reference applications that effectuate this calculation. The objective of this work is, therefore, to develop a multiplatform web application, which performs the calculations of concrete dosage applying the IPT/EPUSP method, providing the user all the composition and trace in a didactic way. The application was developed in the JavaScript programming language, aimed mainly at students and professors of civil engineering, engineers and technicians in buildings. The results from the program were validated with examples obtained from the bibliography and the application was published on the WEB, and can be used on smartphone or desktop format devices, facilitating access to the whole society and disseminating quality knowledge on this subject.

Keywords: concrete dosage, WEB application, calculation, civil construction, civil engineering, JavaScript, IPT/EPUSP Method

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Diagrama de dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP | 18 |
| Figura 2 - Relação entre água/cimento e resistência à compressão do concreto | 22 |
| Figura 3 - Captura de Tela do aplicativo em navegador <i>desktop</i> | 29 |
| Figura 4 - Unidades exibidas em cada campo de texto | 30 |
| Figura 5 - Captura de tela do aplicativo em navegador <i>mobile</i> | 31 |
| Figura 6 - Símbolos de validação..... | 32 |
| Figura 7 - Fluxograma geral da aplicação..... | 34 |
| Figura 8 - Fluxograma das etapas de cálculo | 42 |
| Figura 9 - Fluxograma das etapas de cálculo (continuação) | 43 |
| Figura 10 - Exibição dos Resultados..... | 46 |
| Figura 11 - Inserindo Dados Experimentais na Aplicação | 49 |
| Figura 12 - Inserindo Propriedades do Concreto na Aplicação..... | 50 |
| Figura 13 - Validação dos Dados Teste | 51 |
| Figura 14 - Resultados dos Dados Teste no Aplicativo | 52 |
| Figura 15 - Gráficos Obtidos dos Dados Teste | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Classificação quanto a agressividade do ambiente | 19 |
| Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e os fatores água/cimento, classe de concreto e consumo de cimento..... | 19 |
| Tabela 3 - Validação dos campos de entrada do aplicativo | 35 |
| Tabela 4 - Correlação entre o desvio padrão adotado para cálculo e a condição de preparo do concreto | 39 |
| Tabela 5 - Dados Experimentais do Exemplo | 48 |
| Tabela 6 - Resultados Obtidos da Literatura..... | 53 |
| Tabela 7 - Comparativo Resultados do Aplicativo e da Literatura | 53 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|--------------|--|
| f_{cj} | Resistência à compressão do concreto para a idade de j dias, em MPa; |
| m | Proporção de agregados em relação ao cimento para um traço unitário, em kg/kg; |
| a | Proporção de areia em relação ao cimento, em kg/kg; |
| b | Proporção de brita em relação ao cimento, em kg/kg; |
| C | Consumo de cimento por m^3 de concreto, em kg/m^3 ; |
| a/c | Relação água/cimento, em kg/kg; |
| k_1 | Constante obtida da Lei de Abrams; |
| k_2 | Constante obtida da Lei de Abrams; |
| k_3 | Constante obtida da Lei de Lyse; |
| k_4 | Constante obtida da Lei de Lyse; |
| k_5 | Constante obtida da Lei de Priszkulnik & Kirilos; |
| k_6 | Constante obtida da Lei de Priszkulnik & Kirilos; |
| m_{piloto} | Proporção de agregados em relação ao cimento para um traço piloto, em kg/kg; |
| f_{ck} | Resistência característica do concreto à compressão, em MPa; |
| a/c_1 | Relação água/cimento para o traço experimental 1, em kg/kg; |
| a/c_2 | Relação água/cimento para o traço experimental 2, em kg/kg; |

| | |
|--------------------|---|
| a/c_3 | Relação água/cimento para o traço experimental 3, em kg/kg; |
| f_{cj_1} | Resistência à compressão do concreto do traço experimental 1 para a idade de j dias, em MPa; |
| f_{cj_2} | Resistência à compressão do concreto do traço experimental 2 para a idade de j dias, em MPa; |
| f_{cj_3} | Resistência à compressão do concreto do traço experimental 3 para a idade de j dias, em MPa; |
| m_1 | Proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 1, em kg/kg; |
| m_2 | Proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 2, em kg/kg; |
| m_3 | Proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 3, em kg/kg; |
| C_1 | Consumo de cimento por m ³ de concreto do traço experimental 1, em kg/m ³ ; |
| C_2 | Consumo de cimento por m ³ de concreto do traço experimental 2, em kg/m ³ ; |
| C_3 | Consumo de cimento por m ³ de concreto do traço experimental 3, em kg/m ³ ; |
| γ_n | Massa específica do concreto do traço experimental n, em kg/dm ³ ; |
| a/c_n | Relação água/cimento do traço experimental n, em kg/kg; |
| C_n | Consumo de cimento por m ³ de concreto para o traço experimental n, em kg/m ³ ; |
| m_n | Proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental n, em kg/kg; |
| S_d | Desvio padrão da dosagem de concreto, em MPa; |
| $\alpha_{adotado}$ | Teor de argamassa adotado para os traços experimentais, % em massa; |
| m_{final} | Proporção de agregados em relação ao cimento do traço final, em kg/kg; |

| | |
|---------------|--|
| a/c_{final} | Relação água/cimento do traço final, em kg/kg; |
| a_{final} | Proporção de areia em relação ao cimento do traço final, em kg/kg; |
| b_{final} | Proporção de brita em relação ao cimento do traço final, em kg/kg; |
| C_{final} | Consumo de cimento por m ³ de concreto para o traço final, em kg/m ³ ; |
| w | Proporção de água em relação ao cimento, em kg/kg. |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1. OBJETIVOS | 14 |
| 1.1.1. Objetivo Geral..... | 14 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos | 14 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1. DOSAGEM DE CONCRETO | 15 |
| 2.1.1. Método de Dosagem Experimental do IPT/EPUSP..... | 16 |
| 2.1.2. Propriedades do Concreto..... | 20 |
| 2.2. FERRAMENTAS EDUCACIONAIS..... | 23 |
| 2.3. TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS..... | 25 |
| 2.3.1 A Linguagem de Programação <i>JavaScript</i> | 25 |
| 2.3.2 A Biblioteca <i>React.js</i> | 26 |
| 2.3.3 <i>Single Page Application</i> – SPA..... | 27 |
| 3. METODOLOGIA | 28 |
| 3.1. INTRODUÇÃO | 28 |
| 3.2. A IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO | 28 |
| 3.3. INTERFACE | 28 |
| 3.4. DADOS DE ENTRADA | 32 |
| 3.5. VALIDAÇÃO DOS DADOS | 35 |
| 3.6. ETAPAS DE CÁLCULO | 35 |
| 3.7. DADOS DE SAÍDA..... | 44 |
| 4. RESULTADOS | 48 |
| 4.1. EXEMPLO DE DOSAGEM DE CONCRETO..... | 48 |
| 4.1.1. Características do concreto | 48 |
| 4.1.2. Valores Obtidos no Estudo Experimental | 48 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1.3. | Inserção dos Dados e Validação | 49 |
| 4.1.4. | Comparação dos Resultados com a Literatura | 51 |
| 4.2. | TESTE DE USABILIDADE COM USUÁRIOS..... | 53 |
| 4.2.1. | Análise dos Estudantes de Engenharia Civil | 54 |
| 4.2.2. | Análise dos Técnicos em Tecnologia da Informação | 54 |
| 4.3. | RESULTADOS DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA ... | 55 |
| 5. | CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 56 |
| 5.1. | CONCLUSÕES..... | 56 |
| 5.2. | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 57 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |
| | ANEXO I – CÁLCULO DETALHADO OBTIDO DA LITERATURA..... | 61 |
| | ANEXO II – CÓDIGO PRINCIPAL DO APLICATIVO..... | 67 |

1. INTRODUÇÃO

O estudo de dosagem de concreto é definido pela NBR 12655 (ABNT, 2022) como uma metodologia a ser seguida para obter o traço do concreto, o qual deve satisfazer as conjunturas da obra e do projeto estrutural de onde será aplicado.

O processo de dosar um concreto é de extrema importância, visto que está relacionado a encontrar a harmonia entre as propriedades de cada um dos materiais que o compõem, a fim de alcançar um produto final com as especificações necessárias e com características, como trabalhabilidade, resistência, durabilidade e custo, em equilíbrio, não havendo privilégio ou comprometimento de nenhuma delas (Recena, 2011).

Os métodos de dosagem de concreto evoluíram muito ao longo do tempo. Até o século XIX, como o concreto era utilizado para resistir a baixos esforços, seu proporcionamento era completamente empírico, baseado nas vivências anteriores com a argamassa (HELENE; TERZIAN, 1993). Atualmente, o traço varia de acordo com as especificações do concreto, sendo aplicadas metodologias de cálculo para atingir o proporcionamento adequado, como as apresentadas pelo *American Concrete Institute* (ACI) (KOSMATKA; WILSON, 2011), Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e o Método IPT/EPUSP.

Os métodos de dosagem de concreto estão, constantemente, relacionados a fórmulas, tabelas, gráficos e longas etapas de cálculo, eles são aplicados tanto nas atividades de campo de engenheiros civis e técnicos, quanto em laboratório e nas disciplinas do curso de graduação em Engenharia Civil. (SANTOS, 2017).

Em tempos de pandemia, as práticas de ensino implementadas nas salas de aula tiveram que sofrer transformações para se adequarem ao ensino remoto. A utilização de tecnologias digitais deve ser encarada como facilitadora no processo de ensino (SANTOS, 2020).

Para Teixeira e Brandão (2003), as potencialidades da rede mundial de computadores (*internet*) no meio educacional abrem um leque muito amplo de

utilizações e podem ir muito além do que uma visão mais otimista poderia imaginar, sendo elemento capaz de realizar a democratização do conhecimento e de criar práticas mais intensas e interativas para a aprendizagem.

Apesar de todos os benefícios da tecnologia para o ensino, ainda existem dificuldades a serem enfrentadas. Essas estão relacionadas não apenas à ausência de recursos, mas também a complexidade em operar essas novas tecnologias (ROSA, 2013).

1.1. OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos principais do trabalho, divididos em objetivos gerais e objetivos específicos.

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um aplicativo na WEB que contemple os cálculos de dosagem de concreto e devolva para o usuário de maneira didática a proporção entre os materiais constituintes, de acordo com os dados inseridos, de maneira que seja utilizável tanto por usuários em computadores *desktop*, quanto em *smartphones*.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) Desenvolver aplicativo de dosagem de concreto utilizando o Método IPT/EPUSP;
- b) Testar diferentes valores de entrada e configurações de dosagem e desenvolver de maneira que seja funcional em aparelhos móveis *smartphones*;
- c) Testar diferentes valores de entrada e configurações de dosagem e desenvolver de maneira que seja funcional em páginas na web compatível *desktop*;
- d) Realizar pesquisa de usabilidade com os usuários;
- e) Disponibilizar o aplicativo em um endereço de fácil acesso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DOSAGEM DE CONCRETO

O concreto, material composto por uma mistura de cimento, agregados, água e aditivos, é, quantitativamente, o material mais produzido pela humanidade (RAMACHANDRAN, 1995). Sua capacidade de ser moldado em diversas formas e tamanhos e ainda garantir uma resistência elevada, são algumas características que justificam sua utilização em grande escala (CONCRETO E CONSTRUÇÕES, 2009).

A resistência mecânica à compressão é uma das principais propriedades que o concreto deve apresentar no seu estado endurecido, devendo ser especificada no projeto estrutural para uma determinada idade do material. Já a maleabilidade, está associada ao estado fresco do concreto, no qual o material deve possuir trabalhabilidade adequada para que a mistura seja capaz de ser transportada, lançada e compactada de acordo com as técnicas de execução previstas para serem utilizadas (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Dessa forma, visando que o material atenda às propriedades desejadas no estado fresco e endurecido, deve ser realizado um estudo para se obter o proporcionamento entre os materiais constituintes do concreto, no qual obtêm-se a combinação adequada dos materiais que o compõem para que satisfaça às características especificadas, seja desempenho mecânico, características de durabilidade ou reológicas (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Priszkulnik (1977) acrescenta que a dosagem do concreto não só deve atender as propriedades citadas anteriormente, como deve fazê-las de maneira econômica. A definição de dosagem por esse autor é apresentada, portanto, da seguinte forma:

O objetivo da dosagem do concreto é a recomendação da proporção adequada de aglomerante, agregados miúdo e graúdo, água, e, eventualmente, aditivos, visando a obtenção de um concreto que atenda as seguintes condições:

- a) no estado fresco: seja trabalhável e mantenha sua homogeneidade nas etapas de mistura, transporte, lançamento e adensamento;
- b) no estado endurecido: apresente, na idade especificada, as propriedades exigidas no projeto estrutural (resistências mecânicas, retração, deformação lenta) acordes com as especificações de cálculo e a aparência

exigida no projeto arquitetônico;

c) seja durável, mantendo suas propriedades ao longo da vida útil prevista para a estrutura, resistindo a eventuais efeitos danosos oriundos de reações entre os seus componentes, e das ações físicas e químicas do meio;

d) seja econômico.

A dosagem de concreto pode ser realizada por meio de métodos empíricos, os quais não são embasados cientificamente, ou por meio de métodos experimentais, provenientes de leis científicas e resultados obtidos por meio de dados obtidos em ambiente controlado sob protocolos específicos de ensaios (BOGGIO, 2000). A dosagem de concreto utilizando o procedimento racional, pré-fixa as proporções dos materiais que o compõem, de forma que essas produzam um concreto que atende às propriedades requeridas no estado endurecido, a trabalhabilidade e a economia na produção (VASCONCELLOS, 1977).

Já a dosagem de concreto realizada pelo método experimental, requer informações detalhadas sobre os materiais a serem utilizados, sendo necessários dados de laboratório referentes à composição e qualificação dos mesmos. Além disso, neste processo deve-se desenvolver alternativas de proporcionamento que garantam a durabilidade, trabalhabilidade e resistência à compressão necessárias (BOGGIO, 2000).

A NBR 12655 (ABNT, 2022) define que a dosagem empírica pode ser aplicada apenas para concretos de classe C10 a C15, em outros termos, concretos com resistência à compressão características entre 10 MPa e 15 MPa, e que possuam um consumo de cimento mínimo de 300kg/m³.

2.1.1. Método de Dosagem Experimental do IPT/EPUSP

O Método de Dosagem Experimental do IPT/EPUSP é uma junção de técnicas teóricas e experimentais, visto que para iniciar os cálculos são necessários dados obtidos previamente em laboratório, que serão aplicados a equações embasadas nas leis que regem o comportamento do concreto (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Este método utiliza as leis clássicas da tecnologia do concreto, Lei de Abrams, Lyse e Prizskulnik & Kirilos, para gerar o gráfico de quatro quadrantes (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

As equações de cada uma das leis estão expostas a seguir:

a) Lei de Abrams:

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (1)$$

b) Lei de Lyse:

$$m = k_3 + k_4 \cdot a/c \quad (2)$$

c) Lei de Prizskulnik & Kirilos:

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \cdot m} \quad (3)$$

Em que:

f_{cj} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias, em MPa;

m = proporção de agregados em relação a massa de cimento para um traço unitário, em kg/kg;

C = consumo de cimento por m³ de concreto em kg/m³;

a/c = relação água/cimento, em kg/kg; e

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ = constantes obtidas a partir do conjunto de dados experimentais.

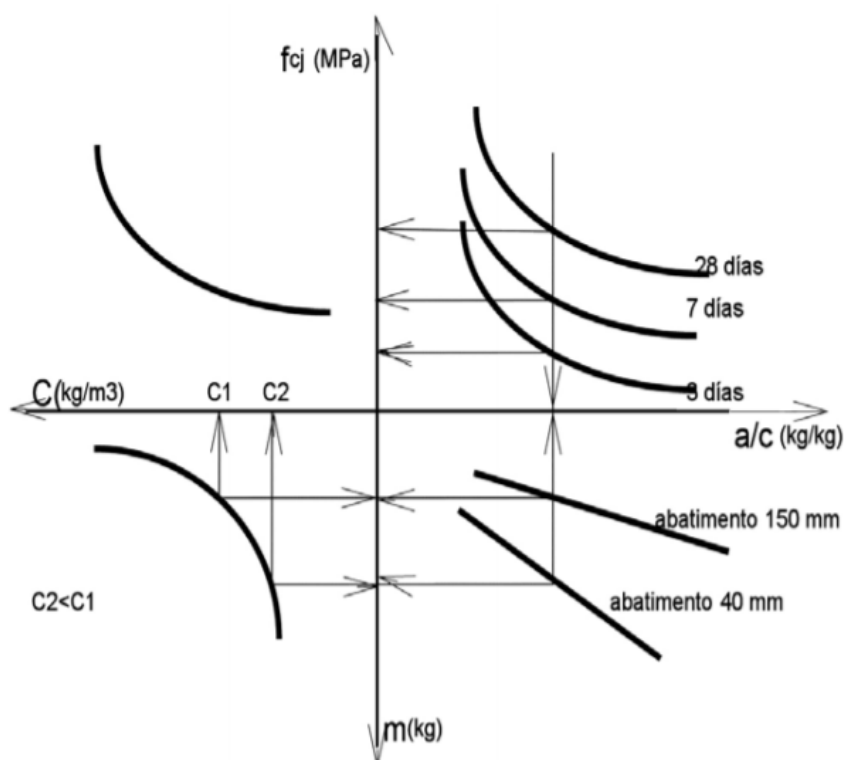
A Lei de Abrams define que para concretos plásticos, com capacidade de serem moldados sem se romperem, as propriedades no estado endurecido variam na proporção inversa a relação água/cimento. A Lei de Lyse, por sua vez, associa a consistência do concreto fresco com a massa de água existente por unidade de volume de concreto (TUTIKIAN; HELENE, 2011). Analisando ambas as leis, Schankoski (2019) entende que em concretos que utilizam elevados teores de aditivos superplastificantes, concretos com f_{ck} superior a 50 MPa, é incoerente aplicar a Lei de Lyse, visto que esses aditivos são redutores de água e, portanto, objetivam manter a

consistência com menor proporção de água na mistura, propondo associação inversa a definida pela Lei de Lyse e evidenciando uma limitação do Método IPT/EPUSP.

Para aplicação das leis deste método e obtenção dos gráficos, é necessário produzir em laboratório, no mínimo, três traços experimentais, o traço piloto (normalmente com $m_{piloto} = 5$), o mais rico ($m = m_{piloto} - 1$ ou 3,5) e o mais pobre ($m = m_{piloto} + 1$ ou 6,5), utilizando, para os três, o mesmo teor de argamassa adotado e o abatimento de tronco de cone (*slump*) definido para a obra onde serão aplicados (HELENE; TERZIAN, 1993).

O gráfico de quatro quadrantes gerado a partir das equações citadas anteriormente, será semelhante ao apresentado na Figura 1, em que o primeiro quadrante representa os dados obtidos da Lei de Abrams, o segundo se relaciona à Lei de Lyse, o terceiro a Lei de Prizskulnik & Kirilos e o quarto é uma correlação entre o consumo de cimento e a resistência à compressão do concreto.

Figura 1 - Diagrama de dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP



Fonte: Tutikian e Helene (2011)

Além dos dados laboratoriais, são necessários alguns dados de entrada do método para obter a resistência de dosagem do concreto, como: qual a resistência característica de projeto, a classe de agressividade da região onde este concreto será aplicado e as condições nas quais o mesmo foi preparado (BOGGIO, 2000).

A NBR 6118 (ABNT, 2014), correlaciona a classe de agressividade do ambiente de acordo com o apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação quanto a agressividade do ambiente

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do ambiente | Risco de degradação da estrutura |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|
| I | Fraca | Rural Submersa | Insignificante |
| II | Moderada | Urbana | Pequeno |
| III | Forte | Marinha Industrial | Grande |
| IV | Muito Forte | Industrial Respingos de maré | Elevado |

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014)

De posse dos dados experimentais, a dosagem mais adequada para o concreto é determinada por interpolação, entretanto, os parâmetros f_{cj} , a/c e C devem atender a NBR 6118 (ABNT, 2014) quanto aos critérios mínimos de durabilidade de acordo com a classe de agressividade a que o concreto está sujeito (SCHANKOSKI, 2019), conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade e os fatores água/cimento, classe de concreto e consumo de cimento

| Concreto | Tipo | Classe de Agressividade | | | |
|-------------------------------------|------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | I | II | III | IV |
| Relação água/cimento em massa | CA | $\leq 0,65$ | $\leq 0,60$ | $\leq 0,55$ | $\leq 0,45$ |
| | CP | $\leq 0,60$ | $\leq 0,55$ | $\leq 0,50$ | $\leq 0,45$ |
| | CA | $\geq C20$ | $\geq C25$ | $\geq C30$ | $\geq C40$ |

| Classe de concreto (ABNT NBR 8953) | CP | ≥ C25 | ≥ C30 | ≥ C35 | ≥ C40 |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|
| Consumo de cimento Portland por m ³ de concreto | CA e CP | ≥ 260 | ≥ 280 | ≥ 320 | ≥ 360 |

- CA: corresponde a elementos e componentes estruturais de concreto armado
- CP: corresponde a elementos e componentes estruturais de concreto protendido

Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014)

Algumas dificuldades de aplicação deste método estão relacionadas à necessidade prévia dos dados laboratoriais e à dispensabilidade de conhecimentos aprofundados sobre o cimento, agregados e adições, por exemplo, a presença de sulfatos e de pó de argila, que poderiam interferir no proporcionamento desses materiais (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Vantagens do Método IPT/EPUSP são expostas por Tutikian e Helene (2011), que apresentam a eficácia do método em otimizar tanto a mistura de agregado miúdo e graúdo, quanto a pasta de cimento, as adições e os aditivos.

Além disso, o Método do IPT/EPUSP se apresenta de forma simplificada e é capaz de realizar o proporcionamento dos materiais do concreto de forma a atender os requisitos técnicos, estruturais e produtivos, sem deixar de lado as exigências econômicas e de sustentabilidade (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

2.1.2. Propriedades do Concreto

Durante o procedimento de dosagem de um concreto, muito se fala sobre as propriedades que este material deve atender. Priszkulnik (1977) define que as principais são a trabalhabilidade, resistência à compressão e durabilidade.

Neville (2011) estabelece que a trabalhabilidade é uma propriedade física do concreto que se refere a facilidade de aplicação sem perda de sua homogeneidade, determinando que o concreto deve ser resistente à segregação. O mesmo autor

observou que essa propriedade é afetada por dois fatores principais: a quantidade de água presente no traço e a granulometria dos agregados.

De um modo geral, os agregados graúdos e miúdos devem ser uniformemente graduados, não devendo existir predominância de determinada fração entre outra. Granulometrias descontínuas, em que as frações intermediárias tenham sido eliminadas, devem ser analisadas de acordo com as condições de aplicação, antes de serem adotadas. Quanto à forma do grão, é sabido que os arredondados possibilitam mais plasticidade para o mesmo teor de água/ mistura seca, do que os angulares, lamelares ou aciculares (SOBRAL, 1977)

A trabalhabilidade é comprometida no caso de agregados mal graduados, aqueles que não possuem distribuição contínua dos diâmetros das partículas, visto que impacta na aplicação, devendo ser analisadas as condições previamente a dosagem. Já a forma do grão, impacta na plasticidade, quando mantido para um mesmo teor de água na mistura, os grãos arredondados possibilitam mais plasticidade que os angulares, lamelares ou aciculares (SOBRAL, 1977).

O impacto da quantidade de água na mistura está associado a fluidez do concreto, quanto mais água, mais fluído e mais fácil sua aplicação (SCHANKOSKI, 2019). Normalmente, espera-se que o aumento do consumo de água do concreto esteja atrelado a um aumento do abatimento (*slump test*).

Como a trabalhabilidade está intimamente relacionada a aplicação, sua aferição é complexa, não existindo um método geral que a avalie. Por isso, é comum aferir a consistência do concreto pelo ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) (RAMACHANDRAN, 1995).

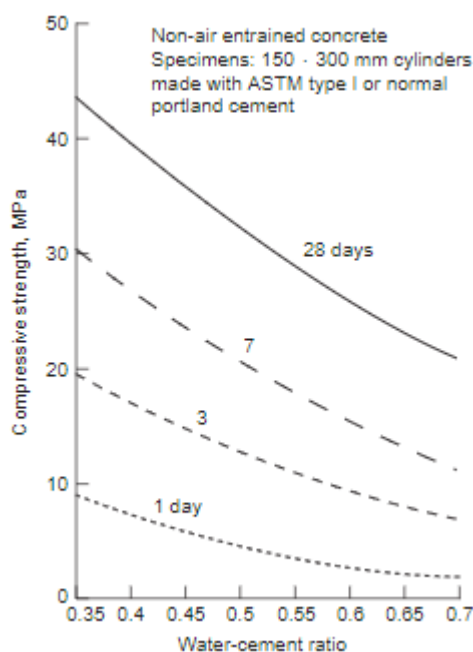
O *slump test* é realizado preenchendo em camadas um tronco de cone metálico com concreto, a cada camada o concreto é compactado e quando finalizado é erguido o molde. Imediatamente após a retirada do cone é determinada a diferença de altura entre o molde e o eixo do corpo-de-prova de concreto, essa medida é o abatimento do concreto, seu *slump* (ABNT NBR 16889, 2020).

A resistência à compressão do concreto é definida em Mehta e Monteiro (2006) como a tensão máxima que o concreto suporta sem que haja fratura externa ou fissuração interna da amostra ensaiada desse material.

Essa propriedade é afetada pelas condições de cura as quais o concreto é submetido, pelas características dos materiais que o compõem e a proporção deles na mistura, definida pela dosagem (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Dos dados obtidos no proporcionamento dos materiais, a relação água/cimento é o mais relevante para a resistência à compressão. A relação entre ambos é inversamente proporcional, como mostrado na Figura 2, visto que com o aumento da relação água/cimento há uma queda da resistência à compressão, causada pelo aumento da porosidade da mistura tanto na zona de transição entre matriz e agregado graúdo, bem como na matriz de argamassa de cimento (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Figura 2 - Relação entre água/cimento e resistência à compressão do concreto



Fonte: Mehta e Monteiro, 2006

A resistência à compressão do concreto é obtida conforme protocolo de ensaio padronizado pela NBR 5739 (ABNT, 1994) realizado após 28 dias de idade.

Por fim, a durabilidade do concreto é uma propriedade afetada pelos materiais constituintes da mistura e às agressões provenientes do meio externo. Para garantir boa durabilidade, o concreto deve ser composto de materiais não expansivos e ser dosado para a classe de agressividade correta do meio ao qual será submetido, resistindo a fenômenos como erosão, águas sulfatadas ou ácidas, bem como reatividade dos agregados com álcalis do cimento (FUSCO, 2008). O principal fator que governa a durabilidade de misturas à base de cimento Portland é a relação água/cimento, uma vez que está intimamente correlacionada com a porosidade do material no estado endurecido. Obviamente, algumas adições minerais podem contribuir com a durabilidade aumentando a resistência à agentes agressivos.

2.2. FERRAMENTAS EDUCACIONAIS

A disseminação do acesso à *internet* proporcionou a utilização de um conjunto de recursos tecnológicos, as TICs (Tecnologias da informação e comunicação), em diversos campos, como na indústria e educação (PACIEVITCH, 2021). Kampff et al. (2004) destacam o notório impacto das TICs na percepção de mundo das pessoas, assim como, o seu potencial quando implantadas como técnica de aprendizagem.

Costa (2019) analisou o impactado do uso de um software para auxiliar nas atividades de alfabetização matemática de jovens e adultos. Os resultados obtidos, a partir dos testes com colaboradores da pesquisa, demonstraram que essa ferramenta proporcionou um divertimento acompanhado de aprendizado aos alunos e foi capaz de reter maior atenção dos estudantes, além de proporcionar novas experiências e conhecimentos.

No trabalho desenvolvido por Santos e Leão (2017), foi comparada a aprendizagem de crianças de uma escola rural sobre os sistemas do corpo humano, utilizando, primeiramente, recursos habituais, como o livro didático, e em seguida recursos tecnológicos, como softwares. Após cada um dos métodos ser aplicado, os alunos foram avaliados por um questionário sobre os temas estudados. Os autores observaram que de um total de vinte questões, em dezesseis delas os alunos obtiveram melhor desempenho após as atividades com o software. Logo, ficou

evidente que o uso de tais tecnologias além de serem atrativas aos alunos, são fontes importantes para disseminação do conhecimento.

Já Ferreira e Silva (2020), observaram os impactos do uso do aplicativo Canva Educacional como estratégia didática em um curso *online* para professores participantes do Programa de Pós Graduação em Educação. Pode-se descobrir nesse estudo que os recursos tecnológicos se mostraram fundamentais no desenvolvimento e compartilhamento de ideias, contribuindo significativamente no processo de aprendizagem rotineiro da sala de aula, visto que apresenta novas formas de transmitir o conteúdo de forma engajadora.

Dessa forma, observou-se que a utilização de aplicativos educacionais como metodologia de aprendizado, pode ser valiosa tanto no modelo presencial, quanto no ensino a distância, isso se deve ao fato da geração atual possuir muita facilidade com o manuseio desse tipo de ferramenta (PREVOT *et al.*, 2018).

Na Engenharia Civil, temos alguns trabalhos onde foram desenvolvidos aplicativos móveis no meio acadêmico. No entanto, a maioria deles são voltados para a área de estruturas e são compatíveis apenas com o sistema operacional *Android*, como é possível observar a seguir.

Oliveira (2014) desenvolveu um aplicativo *Android* para dimensionar vigas de concreto armado com base nos requisitos da ABNT NBR 6118, servindo para checagem da armadura na rotina de obra.

O aplicativo desenvolvido por Cosmo (2019) também é voltado para estruturas de concreto armado, porém é suportado pelos sistemas operacionais *Android* e *IOS*. Com essa ferramenta, é possível realizar a verificação para os estados-limite último e de serviço da estrutura, assim como dimensionar lajes maciças.

Diferente dos demais, Braga, Menezes Filho, Freire (2017) se voltaram para a hidráulica, desenvolvendo um aplicativo, também *Android*, que realiza cálculos de canais e condutos livres.

Outras aplicações podem ser encontradas na área da Engenharia Civil, no entanto, foi possível perceber, que ainda não foram desenvolvidas ferramentas que englobem a área de materiais de construção. Além disso, foi constatada uma lacuna de acesso aos aplicativos desenvolvidos, visto que eles não são multiplataforma, ou seja, podem ser acessados apenas por dispositivos móveis, se restringindo ainda ao sistema operacional para o qual foi concebido, ou então somente na versão *desktop*, limitando as possibilidades de utilização do usuário.

2.3. TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS

Nesta seção serão apresentadas as principais tecnologias e ferramentas utilizadas, assim como algumas definições de bibliotecas aplicadas no código do projeto.

2.3.1 A Linguagem de Programação *JavaScript*

A linguagem de programação *JavaScript* foi criada em 1995 como uma maneira de inserir recursos de interatividade em páginas da *internet* sem que fosse necessário recarregar todos os elementos para cada ação. Inicialmente implementada pelo navegador Netscape, a linguagem expandiu para todos os principais navegadores do mercado, possibilitando as funções dos sites modernos que temos acesso hoje. (HAVERBEKE, 2018).

A partir de 1996, a Ecma International, uma associação dedicada à padronização de sistemas de informação e comunicação, iniciou a especificação do *ECMAScript*, se baseando no *JavaScript* e no *JScript*, que por sua vez é uma variação muito similar ao *JavaScript* criada pela Microsoft (ECMA INTERNATIONAL, 2021). Hoje, na prática, os termos *JavaScript* e *ECMAScript* podem ser usados para se referir à mesma coisa. (HAVERBEKE, 2018).

Essa normatização possibilitou a constante melhoria da performance e do funcionamento de páginas da *internet* em diferentes navegadores, que, no passado, costumavam especificar qual navegador e resolução de tela estariam otimizados para funcionar. (HOSTGATOR, 2020).

O fato que a linguagem passa por uma melhoria contínua significa que os navegadores e as bibliotecas devem ser constantemente atualizados para continuarem funcionando adequadamente. Além disso, os profissionais envolvidos nas novas especificações devem ser cuidadosos ao introduzir mudanças, para que aplicativos antigos continuem funcionando em navegadores novos. (HAVERBEKE, 2018).

Uma pesquisa feita com mais de 80 mil desenvolvedores mostrou que, pelo nono ano seguido, o *JavaScript* continua sendo a linguagem mais utilizada, sendo marcada por cerca de 65% dos respondentes. (STACK OVERFLOW, 2021)

2.3.2 A Biblioteca *React.js*

O *React* (também conhecido como *ReactJS* ou *React.JS*) é uma biblioteca *JavaScript* de código aberto, criada por Jordan Walke, um engenheiro de software no Facebook, e lançada originalmente em maio de 2013, como uma forma de criar interfaces de usuário e componentes de interface de maneira acelerada (RISINGSTACK, 2021).

Desde seu lançamento o *React* vem recebendo atualizações frequentes feitas por toda a comunidade e empresas mantenedoras, a partir de 2016 sua adoção teve um grande aumento e se tornou de fato popular. O *React* possibilita a interação, teste e modificação do código e da interface de maneira rápida, pois renderiza e atualiza apenas os componentes necessários, de acordo com os dados que sofreram mudança, isso também aumenta a performance da aplicação. A possibilidade de escrever interfaces de usuário de maneira declarativa também permite um comportamento mais previsível, facilitando encontrar erros no código (bugs). (FACEBOOK, 2021)

Hoje, o *React* é mantido por uma comunidade vasta de empresas privadas e desenvolvedores individuais, e também possui uma ampla gama de bibliotecas adicionais que permitem aplicar suas capacidades originais.

Na mais recente pesquisa feita pelo Stack Overflow, com mais de 80 mil participantes, o *React.js* foi a framework para web mais utilizada dentre os desenvolvedores,

passando do segundo lugar em 2020, para o primeiro em 2021. (STACK OVERFLOW, 2021)

2.3.3 *Single Page Application* – SPA

É definido como *Single Page Application* (SPA) (Aplicativo de Página Única), uma página da *internet* que possui funções que permitem interatividade, sem que a atualização completa da página seja necessária. Esses aplicativos estão cada vez mais populares e hoje se encontram no nosso cotidiano através dos provedores de e-mail, calendário e outros utilitários no navegador. (WIERUCH, 2016) As SPAs são possíveis graças às tecnologias, como as mencionadas nas seções anteriores, e também por outras milhares de bibliotecas e extensões de código aberto.

3. METODOLOGIA

3.1. INTRODUÇÃO

Com a finalidade de automatizar e tornar didática a dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP, foi desenvolvido neste trabalho a aplicação multiplataforma “Calculadora de Dosagem de Concreto”. Neste tópico serão apresentadas as principais etapas de desenvolvimento do aplicativo, exemplificando as escolhas e métodos adotados para a construção deste projeto.

3.2. A IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO

O aplicativo foi implementado utilizando a linguagem computacional *JavaScript*. Esta ferramenta foi escolhida pela facilidade em encontrar bibliotecas contendo códigos prontos de objetos para compor a interface, para coletar e disponibilizar os dados, sendo necessários apenas ajustes as necessidades, ao invés de configurar e pensar por completo nos itens disponibilizados.

A aplicação tem como objetivo ser publicada na *web*, através de hospedagem gratuita. Pela facilidade de acesso, utilizando apenas um *link*, garante que seja possível de utilizar por usuários com qualquer dispositivo, seja ele móvel ou computador *desktop*, sem maiores requisitos.

3.3. INTERFACE

A interface do aplicativo foi construída com a biblioteca de código aberto *React Bootstrap*, que fornece elementos padronizados e flexíveis de acordo com as regras de acessibilidade dos padrões internacionais (REACT BOOSTRAP, 2021).

Desta biblioteca, foram importados os elementos que representam as colunas, linhas, botões e cartões de preenchimento ou seleção de dados. Com esses componentes a disposição, foi possível desenvolver e organizar a área de interação do usuário.

A interface do aplicativo, apresentada na Figura 3, conta com duas partes principais, a primeira é dedicada à entrada das informações de três traços experimentais,

informações essas que são: o próprio traço, a relação água/cimento, f_{cj} e a massa específica do concreto. Para cada um desses dados, atribui-se no código um título, um cartão para inserção dos valores e um cartão com texto fixo que apresenta a unidade de medida que o código considera para realizar os cálculos, evitando possíveis erros de preenchimento, esses itens ficam dispostos de acordo com a Figura 4. Os cartões possuem tamanhos definidos no código para quando o aplicativo estiver sendo operado de telas maiores (como computadores) ou telas menores (como *smartphones*).

Figura 3 - Captura de Tela do aplicativo em navegador *desktop*

UFES

Calculadora de Dosagem de Concreto

Método IPT-USP, projeto de Graduação de Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo.

Adicionar Valores Demonstração

Ensaio 1

Traço: 1 : 0.0 a/c: 0.0 kg/kg f_{cj} : 0.0 MPa Massa Específica: 0.0 kg/dm³

Ensaio 2

Traço: 1 : 0.0 a/c: 0.0 kg/kg f_{cj} : 0.0 MPa Massa Específica: 0.0 kg/dm³

Ensaio 3

Traço: 1 : 0.0 a/c: 0.0 kg/kg f_{cj} : 0.0 MPa Massa Específica: 0.0 kg/dm³

Propriedades do Concreto

Condição de Preparo do Concreto

- ☐ A - Desvio Padrão: 4,0 MPa
- ☐ B - Desvio Padrão: 5,5 MPa
- ☐ C - Desvio Padrão: 7,0 MPa
- ☒ Desvio Padrão Personalizado

Desvio Padrão: 3,5 MPa

Classe de Agressividade

- ☐ I
- ☐ II
- ☐ III
- ☐ IV

Tipo de Concreto

- ☐ CA - Concreto Armado
- ☐ CP - Concreto Protendido

Teor de Argamassa: 0.0 % em massa f_{ck} : 0.0 MPa

Slump (Opcional): 0.0 cm Teor de Aditivo (Opcional): 0.0 % em massa Volume de Concreto (Opcional): 1 m³

Calcular

Fonte: Elaboração Própria

Figura 4 - Unidades exibidas em cada campo de texto

| | | | |
|---------|-----------|-----------------|------------------------|
| Traço | a/c | f _{cj} | Massa Específica |
| 1 : 0.0 | 0.0 kg/kg | 0.0 MPa | 0.0 kg/dm ³ |

Fonte: Elaboração Própria

O sistema de colunas importado do *Bootstrap* possibilita a correta disposição dos elementos em telas de diferentes tamanhos, reorientando a interface automaticamente, de acordo com os tamanhos adotados para cada componente, quando há troca do tamanho da tela. Dessa forma, é permitido que apenas dois campos de texto sejam exibidos em uma mesma linha quando o espaço disponível é menor, como pode-se observar na Figura 5.

Figura 5 - Captura de tela do aplicativo em navegador *mobile*



Calculadora de Dosagem de Concreto

Método IPT-USP, projeto de Graduação de Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo.

Adicionar Valores Demonstração

Ensaio 1

Traço

1 : 0.0

a/c

0.0

kg/kg

f_{cj}

0.0

MPa

Massa Específica

0.0

kg/dm³

Ensaio 2

Traço

1 : 0.0

a/c

0.0

kg/kg

f_{cj}

0.0

MPa

Massa Específica

0.0

kg/dm³

Ensaio 3

Traço

1 : 0.0

a/c

0.0

kg/kg

f_{cj}

0.0

MPa

Massa Específica

0.0

kg/dm³

Propriedades do Concreto

Condição de Preparo do Concreto

☐ A - Desvio Padrão: 4,0 MPa
☐ B - Desvio Padrão: 5,5 MPa
☐ C - Desvio Padrão: 7,0 MPa
☒ Desvio Padrão Personalizado

Desvio Padrão

3,5

MPa

Classe de Agressividade

☐ I
☐ II
☐ III
☐ IV

Tipo de Concreto

☐ CA - Concreto Armado
☐ CP - Concreto Protendido

Teor de Argamassa

0.0

% em massa

f_{ck}

0.0

MPa

Slump (Opcional)

0.0

cm

Teor de Aditivo (Opcional)

0.0

% em massa

Volume de Concreto (Opcional)

1

m³

Calcular

Fonte: Elaboração Própria

A segunda parte da área de interação do usuário está relacionada a entrada das propriedades do concreto a ser dosado: teor de argamassa, f_{ck} , condição de preparo do concreto (A, B ou C), classe de agressividade (I, II, III ou IV), tipo (concreto armado ou protendido), *slump* e teor de aditivo. As informações obtidas utilizando o modelo de cartões seguem o mesmo raciocínio das da primeira parte, no entanto, há também o modelo de preenchimento por seleção. Neste caso, usa-se o modelo de caixa de seleção, este é especificado no código como item de preenchimento obrigatório e único para cada tópico de dado a ser fornecido.

Para averiguar se os dados inseridos pelo usuário são pertinentes, a interface conta com um sistema de validação dos mesmos ao utilizar o botão “Calcular”. Um símbolo de exclamação com cor vermelha é apresentado para evidenciar quais campos foram preenchidos de maneira incorreta ou deixados em branco. Adicionalmente, os campos preenchidos de acordo com as regras de validação aparecem com uma marcação em verde, como pode ser notado na Figura 6, facilitando a correção pelo usuário.

Figura 6 - Símbolos de validação

| | |
|---|---|
| a/c <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">0.0</div> <div style="color: red; font-size: 1.2em; margin-left: 5px;">!</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">kg/kg</div> | f_{cj} <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; display: inline-block;">40</div> <div style="color: green; font-size: 1.2em; margin-left: 5px;">✓</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 10px;">MPa</div> |
|---|---|

Fonte: Elaboração Própria

3.4. DADOS DE ENTRADA

Os dados de entrada requisitados pelo programa para o cálculo da dosagem do concreto serão apresentados neste tópico. Inicialmente, é requerido do usuário o preenchimento dos dados experimentais abaixo para três concretos de diferentes traços.

- a) Traço: apresentado na forma 1: m , onde m é relação em massa seca de cimento / agregados (areia e brita), em kg/kg;

- b) a/c : relação água/cimento, em massa, em kg/kg;
- c) f_{cj} : resistência à compressão do concreto para a idade de j dias, em MPa;
- d) Massa específica do concreto, em kg/dm³.

Após a inserção dos dados experimentais são necessárias mais algumas informações sobre o concreto a ser dosado, como:

- e) f_{ck} : resistência característica do concreto à compressão, em MPa;
- f) Teor de Argamassa: teor em massa, apresentado em %;
- g) Teor de aditivo: percentual em relação a massa de cimento Portland, apresentado em %;
- h) *Slump*: consistência do concreto, corresponde a um intervalo em cm;
- i) Volume: volume de concreto que o usuário pretende produzir, em m³;
- j) Tipo de Concreto: Concreto Armado (CA) ou Concreto Protendido (CP);
- k) Classe de Agressividade: I, II, III, IV e V [especificada na Tabela 1 de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014)];
- l) Condição de Preparo do Concreto: A, B, C ou desvio padrão personalizado.

Para os itens i), j) e k), o usuário, ao invés de inserir valores, faz a seleção da opção, dentre as disponíveis, mais adequada para o seu caso.

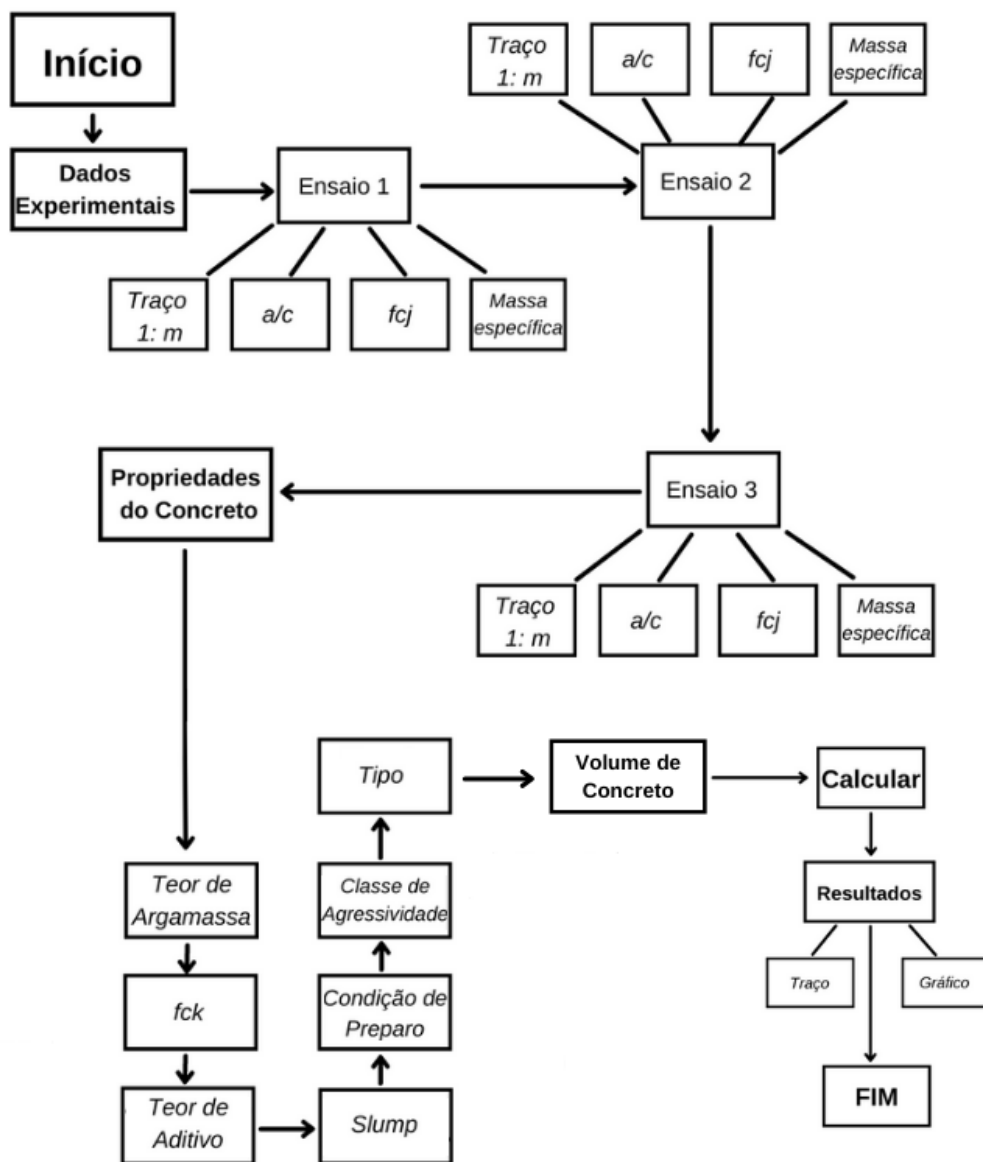
A condição de preparo do concreto, apresentada no item l), está relacionada ao rigor com o qual o concreto é produzido, definindo o desvio padrão a ser adotada. A condição de preparo A é inviável no local de obra, visto que requer equipamentos e balanças para medir o cimento e agregados em massa. No entanto, é utilizada para todas as classes de concreto. Nesta situação o desvio padrão é considerado 4 MPa. Já a condição B, é aplicada quando a dosagem do concreto é feita no local onde ocorrerá a concretagem, o cimento é medido em massa, água em volume e os agregados de forma combinada dos dois métodos. Esse processo se restringe a concretos de resistência a compressão máxima de 25 MPa e adota o desvio padrão como 5,5 MPa. Por fim, a condição C é empregada para casos de resistência a compressão máxima de 15 MPa, com cimento medido em massa, agregados em volume e água com auxílio de medidor, desvio padrão 7 MPa (TUTIKIAN; HELENE, 2011).

Caso o concreto a ser dosado não se aplique nessas condições e o usuário possua o desvio padrão, é possível inserir o valor personalizado.

Todos os dados inseridos e selecionados pelo usuário são armazenados em variáveis criadas no código, sendo assim possível aplicá-los em fórmulas para obter os resultados desejados do cálculo de dosagem.

O fluxograma para uso e inserção de dados da aplicação está apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma geral da aplicação



Fonte: Elaboração Própria

3.5. VALIDAÇÃO DOS DADOS

A validação dos dados foi feita utilizando os mecanismos de validação nativa do HTML5, sendo possível definir valores mínimos, máximos, o tipo de entrada (evitando a entrada de caracteres não numéricos), se o campo é obrigatório ou não, dentre outros.

Para a entrada dos dados, foram consideradas as seguintes regras de validação, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Validação dos campos de entrada do aplicativo

| Dados Experimentais | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|
| Campo | Obrigatório | Tipo | Valor mínimo | Valor Máximo |
| Traço | Sim | Numérico | 0.01 | 20.0 |
| Relação a/c | Sim | Numérico | 0.01 | 5 |
| f_{cj} | Sim | Numérico | 5.0 | 250.0 |
| Consumo | Sim | Numérico | - | - |
| Propriedades do Concreto | | | | |
| Campo | Obrigatório | Tipo | Valor mínimo | Valor Máximo |
| f_{ck} | Sim | Numérico | 1.0 | 50.0 |
| Teor de Argamassa | Sim | Numérico | - | - |
| Teor de Aditivo | Sim | Numérico | - | - |
| Slump | Sim | Numérico | - | - |
| Tipo de Concreto | Sim | ME | - | - |
| Classe de Agressividade | Sim | ME | - | - |
| Condição de Preparo | Sim | ME | - | - |

Fonte: Elaboração Própria

3.6. ETAPAS DE CÁLCULO

Para realização dos cálculos referentes a dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP, foi utilizada a biblioteca matemática *Math.js*. Esta, possui funções prontas, como a função *math.log*, utilizada ao longo do código para cálculos logarítmicos. A vantagem de utilizar esta ferramenta neste aplicativo foi reduzir

cálculos longos em uma única expressão compatível com a biblioteca matemática já integrada no *JavaScript*.

Após o processo inicial de entrada dos dados e validação dos mesmos, o programa realiza algumas etapas de cálculo, a primeira delas é para obter o $\log f_{cj1}$ para cada um dos traços experimentais. Com esse dado e a relação água cimento dos três traços, é possível obter, aplicando a equação (4), a variável x , necessária para obter os coeficientes da Lei de Abrams. De posse desse resultado, calcula-se tais coeficientes com as equações (5) e (6). Os números subscritos presentes nas equações (4), (5) e (6) correspondem ao traço experimental associado aquele dado.

$$x = \frac{\log f_{cj1} \cdot (2 \cdot a/c_1 - a/c_2 - a/c_3) + \log f_{cj2} \cdot (2 \cdot a/c_2 - a/c_1 - a/c_3) + \log f_{cj3} \cdot (2 \cdot a/c_3 - a/c_1 - a/c_2)}{2 \cdot ((a/c_1)^2 + (a/c_2)^2 + (a/c_3)^2) - 2 \cdot (a/c_1 \cdot a/c_2 + a/c_1 \cdot a/c_3 + a/c_2 \cdot a/c_3)} \quad (4)$$

$$k_1 = 10^{1/3} \cdot [\log f_{cj1} + \log f_{cj2} + \log f_{cj3} - x \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)] \quad (5)$$

$$k_2 = 10^{-x} \quad (6)$$

Em que:

f_{cj1} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias do traço experimental 1, em MPa;

f_{cj2} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias do traço experimental 2, em MPa;

f_{cj3} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias do traço experimental 3, em MPa;

a/c_1 = relação água/cimento do traço experimental 1, em kg/kg;

a/c_2 = relação água/cimento do traço experimental 2, em kg/kg;

a/c_3 = relação água/cimento do traço experimental 3, em kg/kg.

Para gerar o primeiro quadrante do gráfico apresentado na Figura 1, os resultados obtidos das equações (5) e (6) são inseridos na equação (1). Já para o segundo quadrante, correspondente a Lei de Lyse é necessário calcular os coeficientes k_3 e k_4 , provenientes das equações (8) e (7), respectivamente, que utilizam os dados de entrada.

$$k_4 = \frac{(m_1 \cdot a/c_1 + m_2 \cdot a/c_2 + m_3 \cdot a/c_3) - m_2 \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)}{(a/c_1)^2 + (a/c_2)^2 + (a/c_3)^2 - (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)^2 / 3} \quad (7)$$

$$k_3 = m_2 - k_4 \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)^2 / 3 \quad (8)$$

Em que:

m_1 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 1, em kg/kg;

m_2 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 2, em kg/kg;

m_3 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 3, em kg/kg;

a/c_1 = relação água/cimento do traço experimental 1, em kg/kg;

a/c_2 = relação água/cimento do traço experimental 2, em kg/kg;

a/c_3 = relação água/cimento do traço experimental 3, em kg/kg.

A determinação dos coeficientes da curva de Priskulnik e Kirilos é demonstrada nas equações (9) e (10). No entanto, é necessário calcular o consumo de cimento por m³ de concreto para cada um dos traços experimentais, como é demonstrado na equação (8).

$$C_n = \frac{1000 \cdot \gamma_n}{1 + m_n + a/c_n} \quad (8)$$

$$k_6 = \frac{1000 \cdot 3 \cdot \left(\frac{m_1}{c_1} + \frac{m_2}{c_2} + \frac{m_3}{c_3} \right) - 1000 \cdot \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \right) \cdot (m_1 + m_2 + m_3)}{3 \cdot (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) - (m_1 + m_2 + m_3)^2} \quad (9)$$

$$k_5 = \frac{1}{3} \cdot [1000 \cdot \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \right) - k_6 \cdot (m_1 + m_2 + m_3)] \quad (10)$$

Em que:

γ_n = massa específica do concreto do traço experimental n, em kg/dm³;

m_n = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental n, em kg/kg;

a/c_n = relação água/cimento do traço experimental n, em kg/kg;

C_n = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço experimental n, em kg/m³;

m_1 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 1, em kg/kg;

m_2 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 2, em kg/kg;

m_3 = proporção de agregados em relação ao cimento para o traço experimental 3, em kg/kg;

kg/kg;

C_1 = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço experimental 1, em kg/m³;

C_2 = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço experimental 1, em kg/m³;

C_3 = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço experimental 1, em kg/m³.

Após determinados os seis coeficientes, é necessário obter os requisitos do concreto de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014). Conhecendo o tipo de concreto que está sendo dosado (Concreto Armado ou Protendido) e a Classe de Agressividade a qual ele está exposto, é avaliado qual o valor máximo de relação água/cimento, a classe de concreto mínima aceitável, que irá determinar a resistência mínima do mesmo, e o consumo de cimento mínimo, conforme apresentado na Tabela 2.

Com esses parâmetros definidos, foi avaliado se o f_{ck} adotado pelo usuário atendia a classe de concreto mínima aceitável, caso sim ele seria o utilizado nos demais cálculos, caso não o cálculo do f_{cj} do concreto seria feito com o f_{ck} mínimo permitido por norma. Essa mesma lógica de análise foi empregada para os demais parâmetros, relação água/cimento e consumo de cimento, em casos em que o concreto especificado não atende os requisitos da NBR 6118 (ABNT, 2014), são adotados os valores mínimos e máximos especificados nesta norma.

Nesta etapa, já temos o gráfico de quatro quadrantes preenchido corretamente, no entanto, mais cálculos são necessários para determinar o traço final e o consumo de materiais por m³ de concreto. A próxima etapa é determinar o f_{cj} do concreto que está sendo dosado. Para isso, é necessário conhecer os dados de entrada f_{ck} e a condição

de preparo do concreto, este último é utilizado para determinar o desvio padrão (S_d), conforme a Tabela 4, e aplicá-lo na equação (12).

Tabela 4 – Correlação entre o desvio padrão adotado para cálculo e a condição de preparo do concreto

| Condição de Preparo do Concreto | Desvio Padrão (S_d), em MPa |
|---------------------------------|---------------------------------|
| A | 4,0 |
| B | 5,5 |
| C | 7,0 |

Fonte: Adaptado da NBR 12655 (ABNT, 2022)

$$f_{cj} = 1,65 \cdot f_{ck} \cdot S_d \quad (12)$$

Em que:

f_{cj} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias, em MPa;

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão, em MPa;

S_d = desvio padrão da dosagem de concreto, em MPa.

A sequência de equações abaixo determina o cálculo do traço final do concreto:

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c_{final}}} \quad (13)$$

$$m_{final} = k_3 + k_4 \cdot a/c_{final} \quad (14)$$

$$a_{final} = \left[\alpha_{adotado} \cdot \left(\frac{1 + m_{final}}{100} \right) \right] - 1 \quad (15)$$

$$C_{final} = \frac{1000}{k_5 + k_6 \cdot m_{final}} \quad (16)$$

Em que:

f_{cj} = resistência à compressão do concreto para a idade de j dias, em MPa;

k_1 = constante obtida da Lei de Abrams;

k_2 = constante obtida da Lei de Abrams;

a/c_{final} = relação água/cimento do traço final, em kg/kg;

m_{final} = proporção de agregados em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

k_3 = constante obtida da Lei de Lyse;

k_4 = constante obtida da Lei de Lyse;

a_{final} = proporção de areia em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

$\alpha_{adotado}$ = teor de argamassa adotado para os traços experimentais, % em massa;

C_{final} = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço final, em kg/m³.

A proporção de água do traço é o valor da relação a/c_{final} e a proporção de brita é determinada como calculado na equação (16).

$$b_{final} = m_{final} - a_{final} \quad (17)$$

Em que:

m_{final} = proporção de agregados em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

a_{final} = proporção de areia em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

b_{final} = proporção de brita em relação ao cimento do traço final, em kg/kg.

Obtendo o traço conforme representado abaixo, o consumo de cada material é sua proporção, presente no traço, multiplicada pelo consumo de cimento.

$$1 : a_{final} : b_{final} : a/c_{final}$$

Em que:

a_{final} = proporção de areia em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

b_{final} = proporção de brita em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

a/c_{final} = relação água/cimento do traço final, em kg/kg.

A partir do traço acima, teremos o consumo de cada material e, multiplicando pelo volume de concreto especificado pelo usuário, obtemos, também o quantitativo de materiais necessários.

$$\text{Consumo de cimento} = 1 \cdot C_{final} \text{ (em kg/m}^3 \text{ de concreto);} \quad (18)$$

$$\text{Consumo de areia} = a_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg/m}^3 \text{ de concreto);} \quad (19)$$

$$\text{Consumo de brita} = b_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg/m}^3 \text{ de concreto);} \quad (20)$$

$$\text{Consumo de água} = a/c_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg/m}^3 \text{ de concreto);} \quad (21)$$

$$\text{Quantidade de cimento} = 1 \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg);} \quad (22)$$

$$\text{Quantidade de areia} = a_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg);} \quad (23)$$

$$\text{Quantidade de brita} = b_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg);} \quad (24)$$

$$\text{Quantidade de água} = a/c_{final} \cdot Volume \cdot C_{final} \text{ (em kg).} \quad (25)$$

Em que:

a_{final} = proporção de areia em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

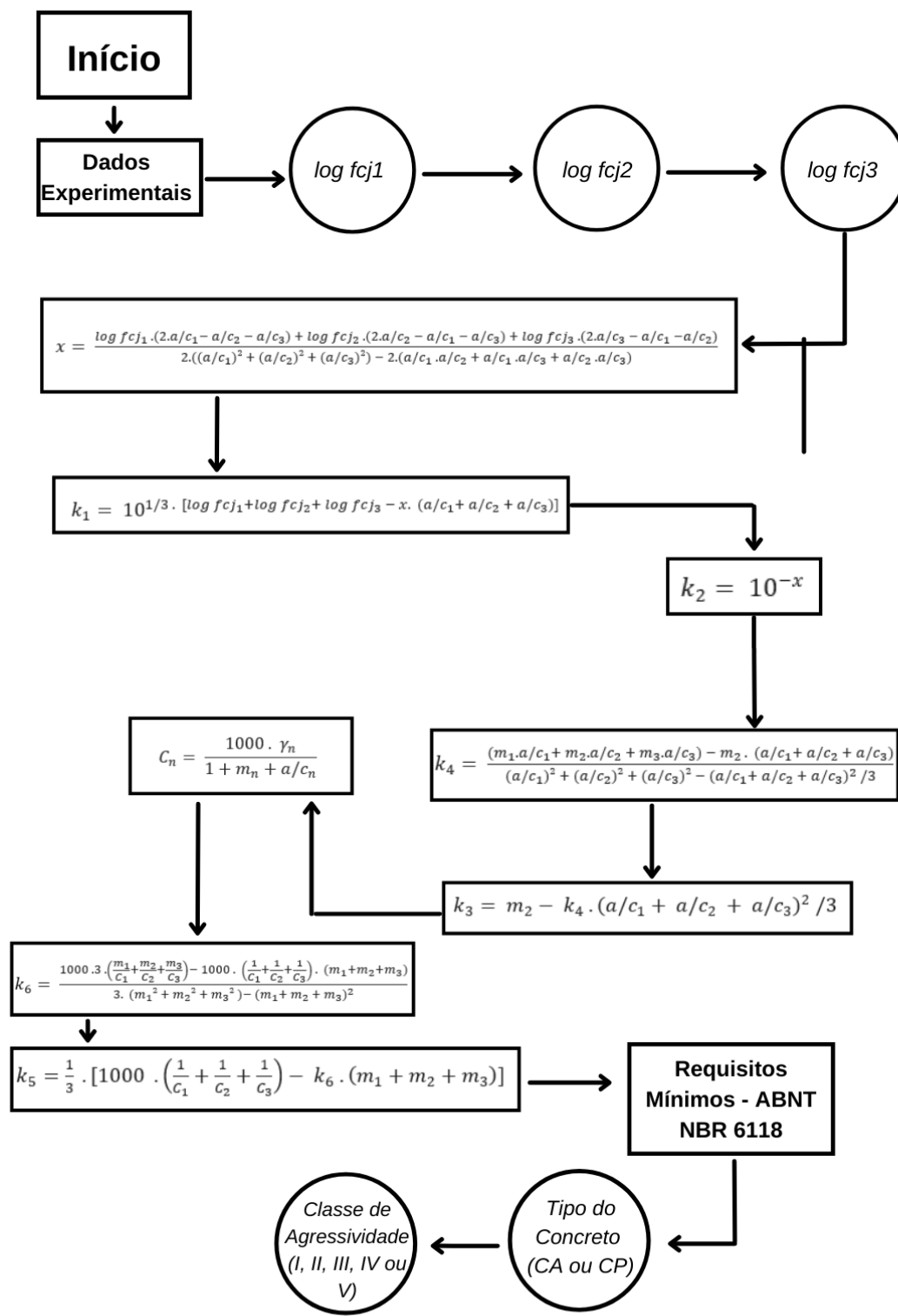
b_{final} = proporção de brita em relação ao cimento do traço final, em kg/kg;

a/c_{final} = relação água/cimento do traço final, em kg/kg;

C_{final} = consumo de cimento por m³ de concreto para o traço final, em kg/m³.

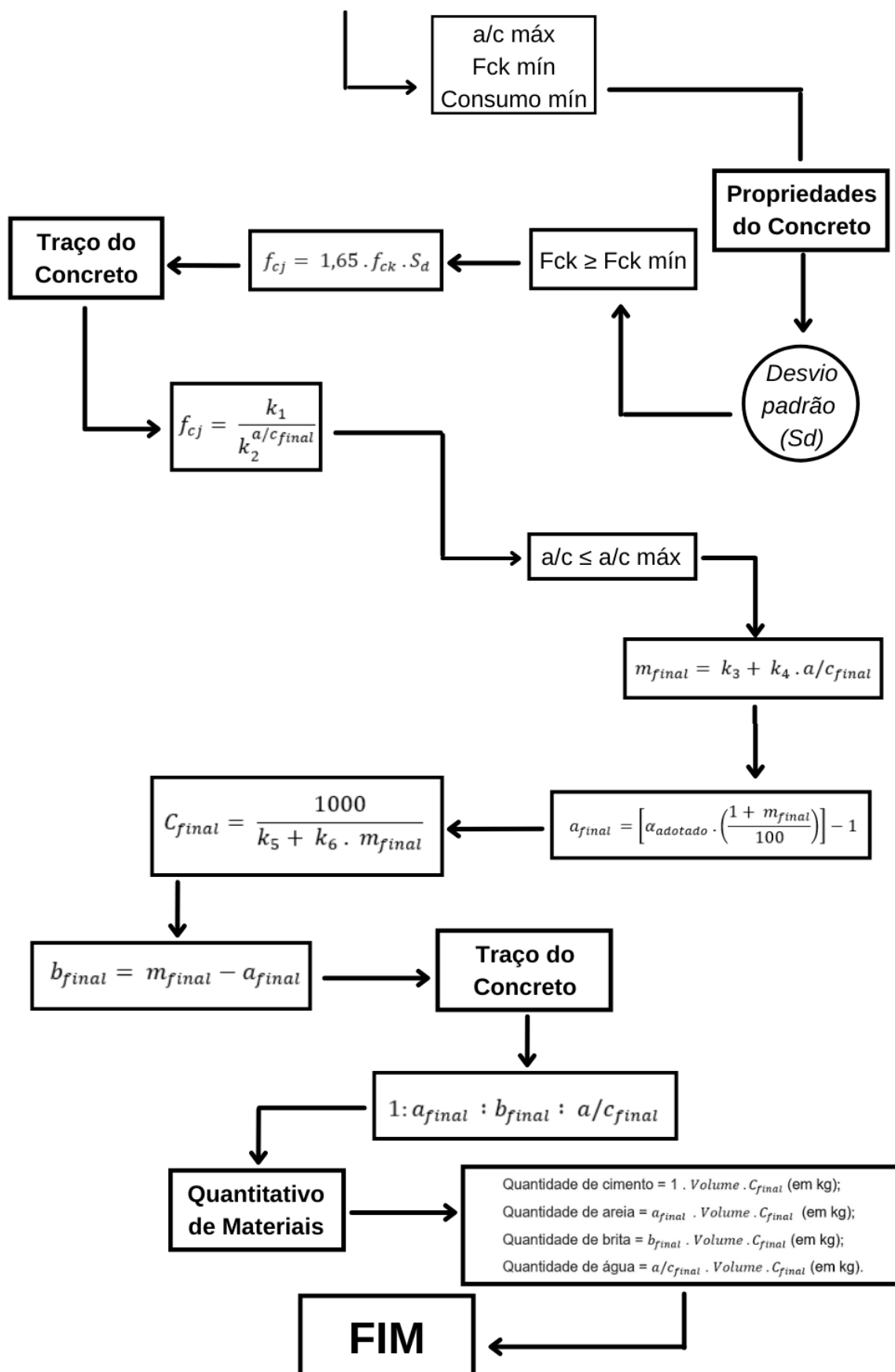
O fluxograma com as etapas de cálculo está apresentado nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Fluxograma das etapas de cálculo



Fonte: Elaboração Própria

Figura 9 - Fluxograma das etapas de cálculo (continuação)



3.7. DADOS DE SAÍDA

Os principais dados de saída do aplicativo apresentados ao usuário são o traço final do concreto, o quantitativo de materiais em kg e os gráficos gerados no método de dosagem IPT/EPUSP, similares ao apresentado na Figura 1.

De forma genérica, o traço final é apresentado ao usuário como mostrado a seguir:

$$1 : a : b : w$$

Onde:

a = proporção de areia no concreto, em kg;

b = proporção de brita no concreto, em kg;

w = proporção de água no concreto (é igual a relação água/cimento, visto que a proporção de cimento é sempre 1 no traço), em kg.

O consumo e quantitativo dos materiais são gerados e devolvidos ao usuário conforme os cálculos das equações (18) a (25).

Além desses dados, são disponibilizados os gráficos das leis que regem o Método de Dosagem IPT/EPUSP, Lei de Abrams, Lei de Lyse e Lei de Priszkulnik & Kirilos. Para cada uma foi gerado gráfico, eles ficam dispostos conforme apresentado no gráfico de quatro quadrantes da Figura 1.

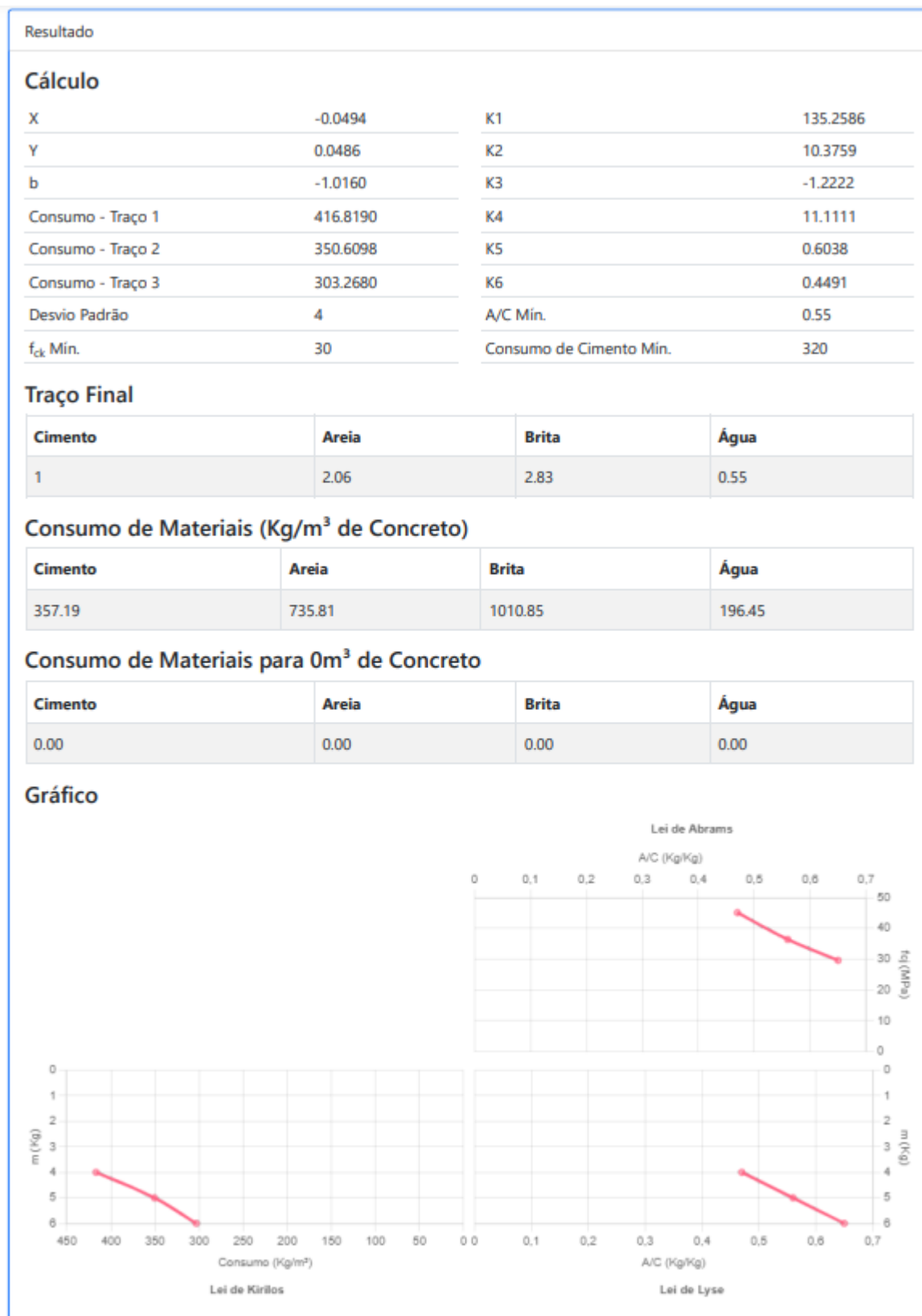
Para o desenvolvimento dessa etapa, foi utilizada a biblioteca *Chart.js*, uma ferramenta que contém vários tipos de gráficos que podem ser aplicados no Javascript. Para este caso utilizou-se o gráfico de dispersão e foram importados para o código os seguintes componentes da biblioteca para serem configurados: escala, elementos de pontos e linhas, título e legenda.

Na criação de cada um dos gráficos é necessário identificar os títulos dos eixos, posição dos mesmos, valor no qual ele inicia, estilo e cor da letra e fundo. Os dados de relação água/cimento e f_{cj} de cada traço experimental são os valores inseridos no gráfico da Lei de Abrams, para Lei de Lyse são os de relação água/cimento e os m , já para a Lei de Priszkulnik & Kirilos o gráfico é gerado a partir dos três valores de m e os consumos de cimento.

Além dos dados principais, o usuário tem acesso a todos os valores calculados nas etapas de cálculo apresentadas no tópico 3.6.

Dessa forma, os dados de saída são apresentados ao usuário conforme disposto na Figura 10. Os resultados apresentados são apenas valores teste.

Figura 10 - Exibição dos Resultados



Fonte: Elaboração Própria

É possível observar que ao final dos resultados há um botão escrito “Imprimir”, ao pressioná-lo é aberta uma página com a opção de imprimir ou salvar um arquivo em formato pdf com a página da aplicação e resultados.

4. RESULTADOS

Neste tópico será apresentado o funcionamento da aplicação utilizando um exemplo de dosagem de concreto calculada em Schankoski (2019). Dessa forma, o mesmo concreto será dosado pelo aplicativo e os resultados obtidos serão comparados. Ademais, serão disponibilizados os resultados do teste de usabilidade com os usuários e resultados obtidos no processo de implementação do programa.

4.1. EXEMPLO DE DOSAGEM DE CONCRETO

4.1.1. Características do concreto

- $f_{ck} = 25$ MPa;
- Material proporcionado em massa, correção da umidade, equipe treinada: Condição de preparo A;
- Slump = 7 ± 1 cm;
- Edifício em concreto aparente construído na cidade de São Paulo: Classe de agressividade III;
- Teor de Argamassa = 52%;
- Concreto Armado.

4.1.2. Valores Obtidos no Estudo Experimental

A Tabela 5 apresenta os dados dos traços experimentais do exemplo da bibliografia.

Tabela 5 - Dados Experimentais do Exemplo

| Parâmetros | Traços | | |
|----------------------------------|--------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| m | 4 | 5 | 6 |
| a/c | 0,47 | 0,56 | 0,65 |
| f_{cj} (MPa) | 45,1 | 36,4 | 29,6 |


| Massa Específica (kg/dm ³) | 2,28 | 2,30 | 2,32 |
|---|------|------|------|
|---|------|------|------|

Fonte: Adaptado de Schankoski (2019)

4.1.3. Inserção dos Dados e Validação

As Figuras 11 e 12 mostrando a entrada dos dados no *software*, enquanto a Figura 13 apresentada o resultado da validação dos dados.

Figura 11 - Inserindo Dados Experimentais na Aplicação


Calculadora de Dosagem de Concreto

Ensaio 1

| | | | |
|-------|------------|----------|-------------------------|
| Traço | a/c | f_{cj} | Massa Específica |
| 1 : 4 | 0,47 kg/kg | 45,1 MPa | 2,28 kg/dm ³ |

Ensaio 2

| | | | |
|-------|------------|----------|------------------------|
| Traço | a/c | f_{cj} | Massa Específica |
| 1 : 5 | 0,56 kg/kg | 36,4 MPa | 2,3 kg/dm ³ |

Ensaio 3

| | | | |
|-------|------------|----------|-------------------------|
| Traço | a/c | f_{cj} | Massa Específica |
| 1 : 6 | 0,65 kg/kg | 29,6 MPa | 2,32 kg/dm ³ |

Fonte: Elaboração Própria


Figura 12 - Inserindo Propriedades do Concreto na Aplicação

Propriedades do Concreto

| | | |
|--|---|--|
| Condição de Preparo do Concreto <input checked="" type="radio"/> A - Desvio Padrão: 4,0 MPa <input type="radio"/> B - Desvio Padrão: 5,5 MPa <input type="radio"/> C - Desvio Padrão: 7,0 MPa <input type="radio"/> Desvio Padrão Personalizado | Classe de Agressividade <input type="radio"/> I <input type="radio"/> II <input checked="" type="radio"/> III <input type="radio"/> IV | Tipo de Concreto <input checked="" type="radio"/> CA - Concreto Armado <input type="radio"/> CP - Concreto Protendido |
| Teor de Argamassa 52 % em massa | f_{ck} 25 MPa | |
| Slump (Opcional) 0.0 cm | Teor de Aditivo (Opcional) 0.0 % em massa | Volume de Concreto (Opcional) 0.0 m ³ |
| Calcular | | |

Fonte: Elaboração Própria

Figura 13 - Validação dos Dados Teste


Calculadora de Dosagem de Concreto

Adicionar Valores Demonstração

Ensaio 1

| | | | |
|---------|--------------|-----------------|------------------|
| Traço | a/c | f _{ci} | Massa Específica |
| 1 : 4 ✓ | 0,47 ✓ kg/kg | 45,1 ✓ MPa | 2,28 ✓ kg/dm³ |

Ensaio 2

| | | | |
|---------|--------------|-----------------|------------------|
| Traço | a/c | f _{ci} | Massa Específica |
| 1 : 5 ✓ | 0,56 ✓ kg/kg | 36,4 ✓ MPa | 2,3 ✓ kg/dm³ |

Ensaio 3

| | | | |
|---------|--------------|-----------------|------------------|
| Traço | a/c | f _{ci} | Massa Específica |
| 1 : 6 ✓ | 0,65 ✓ kg/kg | 29,6 ✓ MPa | 2,32 ✓ kg/dm³ |

Propriedades do Concreto

Condição de Preparo do Concreto

☒ A - Desvio Padrão: 4,0 MPa

☐ B - Desvio Padrão: 5,5 MPa

☐ C - Desvio Padrão: 7,0 MPa

☐ Desvio Padrão Personalizado

Classe de Agressividade

☐ I

☐ II

☒ III

☐ IV

Tipo de Concreto

☒ CA - Concreto Armado

☐ CP - Concreto Protendido

Teor de Argamassa

52 ✓ % em massa

f_{ck}

25 ✓ MPa

Slump (Opcional)

0,0 ✓ cm

Teor de Aditivo (Opcional)

0,0 ✓ % em massa

Volume de Concreto (Opcional)

0,0 ✓ m³

Calcular

Fonte: Elaboração Própria

4.1.4. Comparação dos Resultados com a Literatura

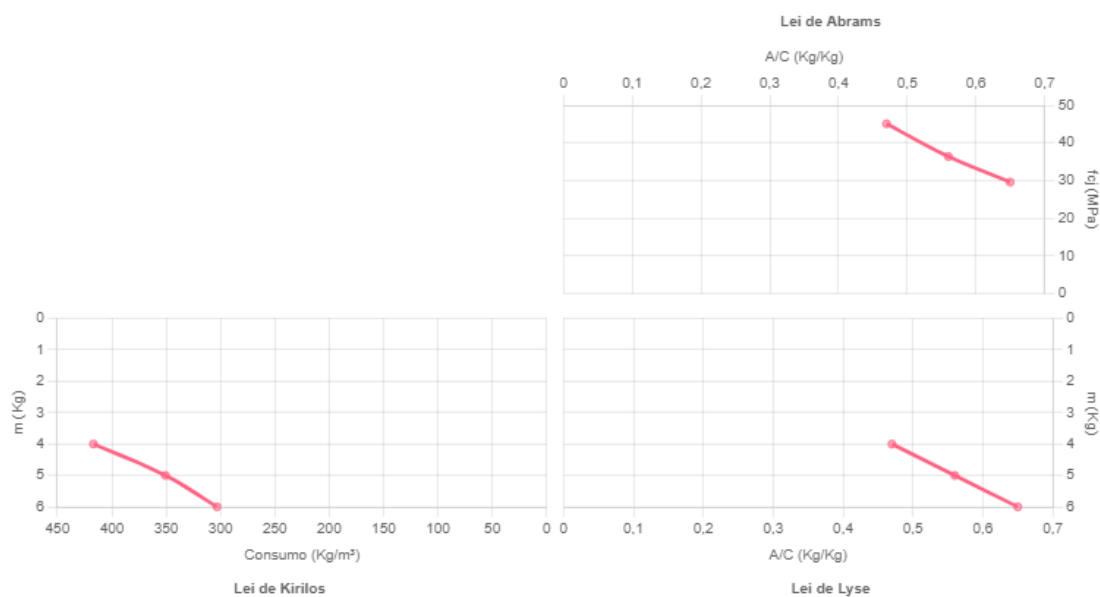
Nas Figuras 14 e 15, temos os resultados obtidos no *software* e os gráficos, respectivamente.

Figura 14 - Resultados dos Dados Teste no Aplicativo

| Resultado | | | |
|---|----------|-------------------------|----------|
| Cálculo | | | |
| X | -0.0494 | K1 | 135.2586 |
| Y | 0.0486 | K2 | 10.3759 |
| b | -1.0160 | K3 | -1.2222 |
| Consumo - Traço 1 | 416.8190 | K4 | 11.1111 |
| Consumo - Traço 2 | 350.6098 | K5 | 0.6038 |
| Consumo - Traço 3 | 303.2680 | K6 | 0.4491 |
| Desvio Padrão | 4 | A/C Mín. | 0.55 |
| f_{ck} Mín. | 30 | Consumo de Cimento Mín. | 320 |
| Traço Final | | | |
| Cimento | Areia | Brita | Água |
| 1 | 2.06 | 2.83 | 0.55 |
| Consumo de Materiais (Kg/m³ de Concreto) | | | |
| Cimento | Areia | Brita | Água |
| 357.19 | 735.81 | 1010.85 | 196.45 |
| Consumo de Materiais para 0m³ de Concreto | | | |
| Cimento | Areia | Brita | Água |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fonte: Elaboração Própria

Figura 15 - Gráficos Obtidos dos Dados Teste

Gráfico

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 6 - Resultados Obtidos da Literatura

| Traço e Consumo de Materiais (kg/m³ de concreto) | | | | |
|---|----------------|--------------|--------------|------------|
| Traço Literatura | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 1 | 2,06 | 2,83 | 0,55 |
| Consumo de Materiais Literatura | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 357,1 | 735,6 | 1010,6 | 196,4 |

Fonte: Adaptado de Schankoski (2019)

É possível observar que o traço calculado corresponde ao mesmo traço disponibilizado em Schankoski (2019), Tabela 6, isto porque no exemplo há mais dados disponíveis sobre os materiais e a proporção da brita é desdobrada em Brita 0 e Brita 1, somando ambos obtemos o mesmo valor do calculado no aplicativo, 2,83. No entanto, pequenas divergências são notadas no consumo de materiais por m³ de concreto, estas são decorrentes de aproximações realizadas ao longo do cálculo, principalmente nas constantes k . Esse comparativo pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Comparativo Resultados do Aplicativo e da Literatura

| Comparativo Traço e Consumo de Materiais (kg/m³ de concreto) | | | | |
|---|----------------|--------------|--------------|------------|
| Traço Aplicativo | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 1 | 2,06 | 2,83 | 0,55 |
| Traço Literatura | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 1 | 2,06 | 2,83 | 0,55 |
| Consumo de Materiais Aplicativo | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 357,19 | 735,81 | 1010,85 | 196,45 |
| Consumo de Materiais Literatura | Cimento | Areia | Brita | a/c |
| | 357,1 | 735,6 | 1010,6 | 196,4 |

Fonte: Elaboração Própria

4.2. TESTE DE USABILIDADE COM USUÁRIOS

Para realização deste teste, foram convocados estudantes de Engenharia Civil e trabalhadores da área da Tecnologia da Informação (TI). Os primeiros com objetivo mais técnico de avaliar os cálculos realizados e resultados exibidos, enquanto os

demais se voltavam para possíveis melhorias no código e na interface. No entanto, os dois grupos foram orientados a analisar a facilidade de uso da aplicação.

4.2.1. Análise dos Estudantes de Engenharia Civil

Alguns pontos positivos foram levantados sobre a praticidade do app:

- Apresentação do teclado numérico para determinados campos quando utilizado em *smartphones*;
- Unidades de medida utilizadas no cálculo disponibilizadas ao lado dos campos de inserção de dados;
- Validação dos dados utilizando as cores verde (para dados válidos) e vermelho (para dados inválidos).

Pontos de melhoria apontados pelos usuários realizando o teste:

- Aumentar tamanho dos gráficos disponibilizados no resultado;
- Apresentar as etapas de cálculo nos resultados, facilitando para quem utiliza o *app* para aprendizado;
- Exibir alertas quando calculados traços com valores negativos ou infinitos, explicitando que não é um traço válido;
- Inserir mensagens explicativas, principalmente, nos itens que são selecionados (Classe de Agressividade e Condição de Preparo do Concreto), para usuários que fiquem na dúvida ou não conheçam esses termos.

4.2.2. Análise dos Técnicos em Tecnologia da Informação

Pontos de melhoria apontados pelos técnicos realizando o teste:

- Aumentar tamanho dos gráficos disponibilizados no resultado;
- Aumentar espaçamento entre os dados dos traços experimentais, evidenciando melhor quais dados pertencem a qual ensaio;
- Apresentar os resultados de forma mais clara, identificando todos dentro de um cartão;
- Melhorar espaçamento ao redor das opções de múltiplas escolhas.

4.3. RESULTADOS DECORRENTES DA IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA

A ideia inicial era hospedar o site no servidor da UFES, após contato com o setor de Superintendência de Tecnologia da Informação (STI) da universidade, foi identificado que o servidor disponível não aceita aplicativos desenvolvidos em React.JS, como foi adotado neste projeto. Dessa forma, o *app* foi hospedado no serviço gratuito Netlify, com o seguinte link de acesso: <https://calcdosagem.netlify.app/> .

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. CONCLUSÕES

Neste estudo foi desenvolvido um aplicativo multiplataforma, denominado “Calculadora de Dosagem de Concreto”, para o cálculo de dosagem de concreto pelo Método IPT/EPUSP e que esteja de acordo com os requisitos da norma NBR 6118 (ABNT, 2014). A aplicação foi criada utilizando a linguagem de programação *JavaScript*, com auxílio das bibliotecas *React.js*, *Math.js* e *Chart.js*, que auxiliaram, respectivamente, em toda construção do *app* e interface, nas etapas de cálculo e na criação dos gráficos.

O método adotado para a dosagem depende de dados experimentais e, portanto, é mais utilizado em meio acadêmico ou laboratorial, sendo esse o maior público-alvo, estudantes e professores das disciplinas relacionadas.

Evidencia-se que a ferramenta computacional desenvolvida, oferece ao usuário uma vasta possibilidade de dados de entrada em uma aplicação simples de ser manuseada e didática.

É importante ressaltar também que não existem aplicativos disponibilizados na *web* para cálculo de dosagem de concreto no mercado brasileiro. Dessa forma, a ferramenta desenvolvida é uma inovação para o mercado e contribui para o ensino e aprendizagem deste método de dosagem, possibilitando uma alternativa ao desenvolvimento de planilhas em Excel ou cálculos manuais.

O aplicativo multiplataforma “Calculadora de Dosagem de Concreto” foi validado com exemplos numéricos da literatura através do qual, pôde-se atestar sua praticidade, segurança, eficiência e detalhamento. Por fim, presume-se que esta aplicação possa facilitar e contribuir para o processo de cálculo de dosagem realizado, principalmente, em laboratório e em sala de aula, se tornando uma poderosa ferramenta educacional.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do aplicativo de forma que englobe não somente o cálculo de dosagem do concreto, como também o controle tecnológico. Dessa forma, seria apresentado ao usuário as orientações das duas formas de controle do concreto: por amostragem total e por amostragem parcial.

Para os itens de Classe de Agressividade e Condição de Preparo do Concreto, acrescentar dicas com informações explicativas sobre esses temas, garantindo o conhecimento necessário para o preenchimento correto.

Com relação aos dados laboratoriais, é interessante acrescentar a possibilidade do usuário inserir mais de três traços experimentais, tornando os gráficos gerados mais precisos.

Além disso, buscando tornar mais completa a aplicação, na parte dos ensaios seria importante inserir a massa específica seca dos materiais a serem utilizados, assim o programa calcularia a quantidade necessária de cada um deles para rodar um volume de 20 litros na betoneira. Para apresentação dessa quantidade o usuário indicaria a unidade que quer obter este resultado, por exemplo, quilos, m³, padiolas, entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

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

BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland**. Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000

BRAGA, P. H. A.; MENEZES FILHO, F. C. M.; FREIRE, G. M. **Desenvolvimento de um aplicativo Android para a hidráulica de canais**. REEC –Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1, 2017.

COSTA, João Francisco Staffa da. **O uso de Softwares de Autoria na Educação de Jovens e Adultos: percepção de futuros professores**. 2019. 99 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Informática Instrumental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197245/001097744.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 out. 2021.

FERREIRA, L. F. S.; SILVA, V. M. C. B. The use of the Canva Educacional application as a resource for learning assessment in Online Education. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e707986030, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6030. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6030>. Acesso em: 12 out. 2021.

FUSCO, Pérciles Brasiliense. **Tecnologia do Concreto Estrutural**: tópicos aplicados. São Paulo: Pini, 2008. 179 p.

HAVERBEKE, M. **Eloquent Javascript**: A Modern Introduction to Programming. Disponível em: <http://eloquentjavascript.net/> Acesso em: 12 set. 2021.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Brasília:PINI, 1993.

HOSTGATOR. **O que é DOM e por que essa interface é essencial para a web?** Hostgator, 2021. Disponível em: <https://www.hostgator.com.br/blog/o-que-e-dom-na-programacao/> Acesso em: 12 set. 2021.

KAMPFF, A. J. C. et al. **Novas Tecnologias e Educação Matemática**. In: Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação (CINTED), jul. 2004. v.2, n. 2, UFRGS. Nov. 2004.

KOSMATKA, Steven H. and WILSON, Michelle L., **Design and Control of Concrete Mixtures**, EB001, 15th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2011, 460 pages.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concrete: Microstructures, Properties and Materials**. 3ª. ed. California: McGraw-Hill, 2006.

NEVILLE, Adam M. **Properties of Concrete**. 5. ed. Harlow: Pearson, 2011. 846 p.

OLIVEIRA, T. T. A. **Desenvolvimento de um aplicativo Android para o dimensionamento de vigas em concreto armado**. 2014. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2014.

PACIEVITCH, Thais. **Tecnologia da Informação e Comunicação**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/informatica/tecnologia-da-informacao-e-comunicacao/>. Acesso em: 31 ago. 2021.

PREVOT, Fulvio Bianco *et al.* USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS E APLICATIVOS MATEMÁTICOS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE APLICAÇÕES DE DERIVADAS EM CURSOS DE ENGENHARIA. **Sinergia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 99-105, dez. 2018.

PRISZKULNIK, S. **Aspectos reológicos do cimento fresco e sua dosagem: Métodos ACI e ITERS**. In: COLÓQUIO DE DOSAGEM DE CIMENTO, São Paulo: IBRACON, 1977.

RAMACHANDRAN, V.s. (ed.). **Concrete Admixtures Handbook: Properties, Science and Technology**. 2ª. ed. Ottawa: Noyes Publications, 1995.

RECENA, F. A. P. **Método de Dosagem de Concreto pelo Volume de Pasta com Emprego de Cinza Volante**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 263, 2011.

ROSA, Rosemar. TRABALHO DOCENTE: DIFICULDADES APONTADAS PELOS PROFESSORES NO USO DAS TECNOLOGIAS. **Revista Encontro de Pesquisa em Educação**, Uberaba, v. 1, n. 1, p. 214-227, out. 2013.

SANTOS, Alex Cavalcante Dos et al.. **Desenvolvimento de aplicativo para dosagem de concreto convencional como ferramenta auxiliar no ensino da engenharia civil**. Anais IV CONEDU... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/36414>. Acesso em: 02 mar. 2022

SANTOS, Silvio Ferreira dos; LEÃO, Marcelo Franco. Uso de objetos educacionais digitais para ensinar sistemas do corpo humano em uma escola do campo. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 861-880, 13 dez. 2017. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/campo/article/view/3762/12031>. Acesso em: 12 out. 2021.

SANTOS, Vanide Alves dos et al. **O USO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS NO ENSINO REMOTO ACADÊMICO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA PERSPECTIVA DOCENTE**. VII Congresso Nacional da Educação. Maceió, outubro, 2020.

SCHANKOSKI, Rudiele Aparecida. **Notas de aula: Laboratório de Materiais de Construção Civil** - Apostila. Vitória: UFES, 2019. 161 p. Notas de Aula

SOBRAL, H. S. Propriedades do Concreto Fresco. São Paulo: ABCP, 1977. 64p.

STACK OVERFLOW. **Developer Survey, 2021**. Stack Overflow, 2021. Disponível em: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2021>. Acesso em: 12 set. 2021.

TEIXEIRA, Adriano Canabarro; BRANDÃO, Edemilson Jorge Ramos. **Internet e democratização do conhecimento: repensando o processo de exclusão social**. Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-7, fev. 2003.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 2011. Cap. 12, p. 38. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

VASCONCELLOS, J.M.C. **Fundamentos da dosagem racional dos concretos**. Palestra proferida durante a seção de instalação da Seção regional de Pernambuco do IBRACON em 30/11/1977, em São Paulo, 1977.

ANEXO I – CÁLCULO DETALHADO OBTIDO DA LITERATURA

131

$$a_{final} = \left[\alpha_{adotado} \times \left(\frac{1 + m_{final}}{100} \right) \right] - 1$$

$$C_{final} = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m_{final}}$$

Exemplo de aplicação do Método do IPT/EPUSP

Características do concreto:

- $f_{ck} = 25\text{MPa}$
- Material proporcionado em massa, correção da umidade, equipe treinada
- Cimento = CP V ARI RS
- Agregado graúdo: mistura de Brita 0 ($D_{máx} = 9,5\text{mm}$) e Brita 1 ($D_{máx} = 19\text{mm}$)
- Transporte e lançamento: por caçambas e guias, abatimento de $7 \pm 1\text{cm}$
- Destinação: edifício em concreto aparente construído na cidade de São Paulo.

Solução:

a) Dados obtidos de ensaios realizados com os materiais e estudo:

$$\begin{aligned} d_a &= 2,63 \text{ kg/dm}^3 \\ d_p &= 2,65 \text{ kg/dm}^3 \text{ (Britas 9,5 e 19 mm)} \\ d_c &= 3,10 \text{ kg/dm}^3 \end{aligned}$$

b) Determinação do proporcionamento ideal entre os agregados graúdos:

Para a seleção da mistura ideal, utiliza-se o ensaio de massa unitária compactada. A Tabela abaixo apresenta o resultado obtido para diferentes proporções entre as Britas 0 e 1.

| Proporção | % brita 9,5 mm | % brita 19 mm | Massa unitária compactada (kg/dm ³) |
|-----------|----------------|---------------|---|
| 1 | 100 | 0 | 1,50 |
| 2 | 70 | 30 | 1,53 |
| 3 | 50 | 50 | 1,55 |
| 4 | 30 | 70 | 1,56 |
| 5 | 0 | 100 | 1,52 |

Nota-se que a proporção 30/70% apresenta o maior valor de massa unitária compactada e, portanto, deve ser escolhida.

c) Determinação da resistência de dosagem

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$$

Como por exigência da NBR 6118, e considerando a cidade de São Paulo um ambiente urbano muito agressivo, admite-se que a classe de agressividade do concreto na Tabela 32 como Forte (classe III) e considerando a Tabela 33 o concreto não pode ser de classe inferior a C30, portanto f_{ck} adotado será de 30 MPa. Então:

$$f_{cj} = 30 + 1,65 \times 4 \rightarrow f_{cj} = 36,6\text{MPa}$$

d) Estudo da trabalhabilidade

Em função do f_{cj} calculado, tomando-se por base a recomendação da Tabela 46:

Fonte:

Schankoski (2019)

Traço piloto: 1 : 5
 Para primeira determinação: $\alpha = 40\%$
 Capacidade de mistura da betoneira: 50 litros
 Volume inicial de concreto a ser misturado: 20 litros

Desdobramento do traço:

$$a = (\alpha(1 + m)/100) - 1$$

$$a = (40(1 + 5)/100) - 1$$

$$a = 1,4$$

$$p = m - a$$

$$p = 5 - 1,4$$

$$p = 3,6$$

$$\text{Brita 0} = 0,3 \cdot p = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08$$

$$\text{Brita 1} = 0,7 \cdot p = 0,7 \cdot 3,6 = 2,52$$

Fator água/materiais secos (H) estimado para obter-se um abatimento de 70mm = 10,0%

$$a/c = (H/100) \cdot (1 + m)$$

$$a/c = 10/100 \cdot (1 + 5)$$

$$a/c = 0,60$$

Traço inicial desdobrado:

$$1 : 1,40 : 1,08 : 2,52 : 0,60$$

- Cálculo do consumo de cimento para executar 20 litros de concreto:

$$C = \frac{20}{\frac{1}{dc} + \frac{a}{da} + \frac{p}{dp} + x} \quad \text{ou}$$

$$C = \frac{\gamma}{1+a+p+x}, \text{ adotando } \gamma = 2350 \text{ kg/m}^3 \text{ e Cimento (kg)} = C \cdot 20/1000$$

$$C = \frac{20}{\frac{1}{3,10} + \frac{1,4}{2,63} + \frac{3,6}{2,65} + 0,60}$$

$$C = 7,12 \text{ kg}$$

- Quantidade de material para executar o traço piloto

$$\text{Cimento} = 7,12 \text{ kg}$$

$$\text{Areia} = 9,97 \text{ kg}$$

$$\text{Brita 1} = 7,69 \text{ kg}$$

$$\text{Brita 2} = 17,94 \text{ kg}$$

$$\text{Água} = 4,27 \text{ litros (colocar água até atingir a consistência desejada de } 7 \pm 1 \text{ cm)}$$

A Tabela 48 a seguir mostra as quantidades de material adicionadas em cada determinação e avaliação do tecnólogo quanto ao aspecto da mistura. Como a quantidade absoluta do agregado gráúdo permanecerá constante ao longo do teste, usar-se-á uma regra de três para achar as novas quantidades de cimento e areia. Para facilitar o entendimento da Tabela 48 mostrar-se-á o cálculo dos materiais a serem adicionados para a segunda determinação.

2ª Determinação:

$$m = 5$$

$$\alpha = 42\%$$

$$a = (42(1 + 5)/100) - 1 \rightarrow a = 1,52$$

$$p = m - a \rightarrow p = 5 - 1,52 = 3,48$$

$$3,48 \rightarrow (7,69 + 17,94)$$

$$1,52 \rightarrow \text{areia}$$

$$\text{areia} = 11,19 \text{ kg} \therefore \text{adicionar } 11,19 - 9,97 = 1,23 \text{ kg}$$

$$3,48 \rightarrow (7,69 + 17,94)$$

$$1 \rightarrow \text{cimento}$$

$$\text{cimento} = 7,36 \text{ kg} \therefore \text{adicionar } 7,36 - 7,12 = 0,24 \text{ kg}$$

Tabela 48: Quantidades adicionadas para cada teor de argamassa.

| Det (i) | α | a | P | Cimento (kg) | Areia (kg) | B0 (kg) | B1 (kg) | Água (kg) | Aspecto da mistura | Abatimento (mm) |
|-----------|----------|------|------|--------------|------------|---------|---------|-----------|--------------------|-----------------|
| 1 | 40 | 1,4 | 3,6 | 7,12 | 9,97 | 7,69 | 17,94 | 4,27 | A | * |
| adicionar | | | | 0,24 | 1,23 | | | | 0,2 | |
| 2 | 42 | 1,52 | 3,48 | 7,36 | 11,19 | 7,69 | 17,94 | 4,47 | A | * |
| adicionar | | | | 0,26 | 1,32 | | | 0,2 | | |
| 3 | 44 | 1,64 | 3,36 | 7,63 | 12,51 | 7,69 | 17,94 | 4,67 | A | * |
| adicionar | | | | 0,28 | 1,41 | | | 0,2 | | |
| 4 | 46 | 1,76 | 3,24 | 7,91 | 13,92 | 7,69 | 17,94 | 4,87 | A | 70 |
| adicionar | | | | 0,30 | 1,52 | | | 0,2 | | |
| 5 | 48 | 1,88 | 3,12 | 8,21 | 15,44 | 7,69 | 17,94 | 5,07 | B | 80 |
| adicionar | | | | 0,33 | 1,64 | | | 0,1 | | |
| 6 | 50 | 2,00 | 3,00 | 8,54 | 17,09 | 7,69 | 17,94 | 5,17 | C | 75 |
| | | | | | | | | | | |
| 7** | 52 | 2,12 | 2,88 | 8,90 | 18,87 | 7,69 | 17,94 | 5,0 | C | 80 |

A = pouco argamassado

B = bom aspecto de argamassa na betoneira, desagregação quando abatido lateralmente no ensaio de consistência (neste momento foi adicionado o aditivo plastificante – 0,3% da massa de cimento)

C = bem proporcionado, com bom teor de argamassa

* = não determinado

** = todos os materiais pesados novamente, incluindo o aditivo – 0,3% da massa de cimento = $0,3 \times 8,90 / 100 = 0,0267 \text{ kg}$ ou 26,7 gramas

O teor de argamassa escolhido como ideal foi de 50% (precisou-se adicionar 2% ao teor onde já se observou um bom aspecto da mistura devido ao efeito parede - casos normais).

Portanto: $\alpha = 52\%$

$$H = 5,0 / (8,90 + 18,87 + 7,69 + 17,94) \cdot 100 = 9,36\%$$

$$a/c_2 = 5,0/8,9 = 0,56$$

Em ensaio de massa específica realizado com o concreto produzido com o traço ajustado piloto:

$$\gamma_2 = 2,30 \text{ kg/dm}^3 \quad C_2 = \frac{1000 \times \gamma_2}{1 + m_{\text{piloto}} + a/c_2}$$

e) Confecção dos traços auxiliares

Mantendo-se $\alpha = 52\%$, foram desdobrados mais dois traços auxiliares

- Traço 1: $m = m_{\text{piloto}} - 1$

$$m = 4$$

$$a = (\alpha(1 + m)/100) - 1$$

$$p = m - a$$

$$p = 4 - 1,60$$

$$\begin{aligned}
 a &= (52 (1 + 4)/100) - 1 & p &= 2,40 \\
 a &= 1,60 \\
 \text{- Traço 2: } m &= m_{\text{piloto}} + 1 \\
 m &= 6 & p &= m - a \\
 a &= (\alpha(1 + m)/100) - 1 & p &= 6 - 2,64 \\
 a &= (52 (1 + 6)/100) - 1 & p &= 3,36 \\
 a &= 2,64
 \end{aligned}$$

Obs.: Os cálculos das quantidades de materiais para a produção das misturas 1 e 3 foram feitos da mesma forma que o apresentado para a mistura 2 (piloto). Os resultados obtidos de água adicionada para a obtenção do abatimento desejado, massa específica e relação água/cimento são apresentados no quadro do próximo item.

f) Quadro final dos valores obtidos no estudo experimental

Com os traços determinados, foram realizadas determinações de consistência, massa específica e resistência à compressão a 7 e 28 dias. A tabela a seguir apresenta uma síntese dos valores obtidos.

| Parâmetros | Traços | | |
|--|--------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| m | 4 | 5 | 6 |
| a | 1,60 | 2,12 | 2,64 |
| p | 2,40 | 2,88 | 3,36 |
| Abatimento (mm) | 75 | 75 | 70 |
| a/c | 0,47 | 0,56 | 0,65 |
| H (%) | 9,42 | 9,36 | 9,32 |
| Resistência média aos 7 dias (MPa) | 34,0 | 28,0 | 23,2 |
| Resistência média aos 28 dias (MPa) | 45,1 | 36,4 | 29,6 |
| Massa específica do concreto (kg/m ³) | 2,28 | 2,30 | 2,32 |
| Consumo de cimento por m ³ de concreto (kg) | 416,8 | 350,6 | 303,3 |

g) Obtenção do traço final

- Determinação da Curva de Abrams obtida a partir dos dados experimentais (28 dias):

$$f_{cj} = k_1 / k_2^{a/c}$$

$$\begin{aligned}
 k_2 &= 10^{-b} \\
 b &= \frac{[\log f_{cj1} \cdot (2 \cdot a/c_1 - a/c_2 - a/c_3) + \log f_{cj2} \cdot (2 \cdot a/c_2 - a/c_1 - a/c_3) + \log f_{cj3} \cdot (2 \cdot a/c_3 - a/c_1 - a/c_2)]}{2 \cdot ((a/c_1)^2 + (a/c_2)^2 + (a/c_3)^2) - 2 \cdot (a/c_1 \cdot a/c_2 + a/c_1 \cdot a/c_3 + a/c_2 \cdot a/c_3)}
 \end{aligned}$$

$$b = \frac{[\log 45,1 \cdot (2 \cdot 0,47 - 0,56 - 0,65) + \log 36,4 \cdot (2 \cdot 0,56 - 0,47 - 0,65) + \log 29,6 \cdot (2 \cdot 0,65 - 0,47 - 0,56)]}{2 \cdot ((0,47)^2 + (0,56)^2 + (0,65)^2) - 2 \cdot (0,47 \cdot 0,56 + 0,47 \cdot 0,65 + 0,56 \cdot 0,65)} b = -1,0160$$

$$k_2 = 10^{1,0160} = 10,3759$$

$$k_1 = 10^{1/3 \cdot (\log f_{cj1} + \log f_{cj2} + \log f_{cj3} - b \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3))}$$

$$k_1 = 10^{1/3 \cdot (\log 45,1 + \log 36,4 + \log 29,6 + 1,0160 \cdot (0,47 + 0,56 + 0,65))}$$

$$k_1 = 135,2586$$

$$f_{cj} = \frac{135,2586}{10,3759^{a/c}}$$

Fonte: Schankoski (2019)

Determinação do fator a/c para o concreto especificado

$$\log f_{cj} = \log 135,2586 - a/c \cdot \log 10,3759$$

$$a/c = 0,9842 \cdot \log(135,2586 / 36,6)$$

$$a/c = 0,56$$

Por questão de durabilidade, adotar a/c = 0,55 (Tabela 33)

Determinação dos coeficientes da curva de Lyse

$$m = k_3 + k_4 \times a/c \quad \text{“Lei de Lyse”}$$

Utilizando o método dos mínimos quadrados para obter-se k_3 e k_4 , tem-se:

$$k_4 = \frac{(m_1 \cdot a/c_1 + m_2 \cdot a/c_2 + m_3 \cdot a/c_3) - m_2 \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)}{(a/c_1)^2 + (a/c_2)^2 + (a/c_3)^2 - (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3)^2 / 3}$$

$$k_4 = \frac{(4,047 + 5,056 + 6,065) - 5 \cdot (0,47 + 0,56 + 0,65)}{(0,47)^2 + (0,56)^2 + (0,65)^2 - (0,47 + 0,56 + 0,65)^2 / 3}$$

$$k_4 = 11,111$$

$$k_3 = m_2 - k_4 \cdot (a/c_1 + a/c_2 + a/c_3) / 3$$

$$k_3 = 5 - 11,111 \cdot (0,47 + 0,56 + 0,65) / 3$$

$$k_3 = -1,2222$$

- Determinação do traço final (m) para o concreto especificado:

$$m = -1,2222 + 11,111 \cdot a/c$$

$$m = -1,2222 + 11,111 \cdot 0,55$$

$$m = 4,89$$

- Desdobramento do traço

$$a = (\alpha(1 + m)/100) - 1$$

$$a = (52(1 + 4,89)/100) - 1 = 2,06$$

$$p = m - a = 4,89 - 2,06 = 2,83$$

$$\text{Brita 0} = 0,30 \cdot p = 0,30 \cdot 2,83 = 0,85$$

$$\text{Brita 1} = 0,70 \cdot p = 0,70 \cdot 2,83 = 1,98$$

Traço Final Desdobrado

$$\mathbf{1 : 2,06 : 0,85 : 1,98 : 0,55}$$

- Determinação dos coeficientes da Curva de Priskulnik e Kirilos

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m}$$

$$k_6 = \frac{1000 \times 3 \times \left(\frac{m_1}{c_1} + \frac{m_2}{c_2} + \frac{m_3}{c_3} \right) - 1000 \times \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} \right) \times (m_1 + m_2 + m_3)}{3 \times (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) - (m_1 + m_2 + m_3)^2}$$

Fonte: Schankoski (2019)

136

$$k_6 = 0,4489$$

$$k_5 = \frac{1}{3} \times \left[1000 \times \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) - k_6 \times (m_1 + m_2 + m_3) \right]$$

$$k_5 = 0,6049$$

$$C = \frac{1000}{0,6049 + 0,4489 \times 4,89}$$

$C = 357,1 \text{ kg/m}^3$ (consumo de cimento maior que 320 kg/m^3 , o que atende os requisitos de durabilidade da Tabela 33).

- Consumo de materiais por m^3 de concreto:

Cimento = 357,1 kg

Areia = 735,6 kg

Brita 0 = 303,5 kg

Brita 1 = 707,1 kg

Água = 196,4 kg

ANEXO II – CÓDIGO PRINCIPAL DO APLICATIVO

```

1 import "../App.css";
2 import "bootstrap/dist/css/bootstrap.min.css";
3 import { log } from "mathjs";
4 import {
5   Button,
6   Form,
7   Col,
8   Row,
9   Container,
10  InputGroup,
11  Card,
12  Navbar,
13  Table,
14 } from "react-bootstrap";
15 import React, { useEffect, useState } from
16 "react"; import {
17   Chart as ChartJS,
18   CategoryScale,
19   LinearScale,
20   PointElement,
21   LineElement,
22   Title,
23   Tooltip,
24   Legend,
25 } from "chart.js";
26 import { Scatter } from "react-chartjs-2";
27
28 ChartJS.register(
29   CategoryScale,
30   LinearScale,
31   PointElement,
32   LineElement,
33   Title,
34   Tooltip,
35   Legend
36 );
37
38 function App() {
39   var [ac1, setAc1] = useState(0);
40   var [fcj1, setFcj1] = useState(0);
41   var [m1, setM1] = useState(0);
42   var [c1, setC1] = useState(0);
43   var [ac2, setAc2] = useState(0);
44   var [fcj2, setFcj2] = useState(0);
45   var [m2, setM2] = useState(0);
46   var [c2, setC2] = useState(0);
47   var [ac3, setAc3] = useState(0);
48   var [fcj3, setFcj3] = useState(0);
49   var [m3, setM3] = useState(0);
50   var [c3, setC3] = useState(0);
51
52   var [sd, setSd] = useState(0); //Desvio padrão relacionado à condição de
53   preparo de concreto
54   var [ca, setCa] = useState(0); var
55   [tc, setTc] = useState(0); var [ta,
56   setTa] = useState(0); var [fck,
57   setFck] = useState(0); var [acMin,
58   setAcMin] = useState(0); var [fckMin,
59   setFckMin] = useState(0);

```

```

59 var [ccMin, setCcMin] = useState(0);
60 var [fcjFinal , setFcjFinal] = useState(0);
61 var [acFinal, setAcFinal ] = useState(0); var
62 [mFinal, setMFinal] = useState(0);
63 var [areiaFinal, setAreiaFinal] = useState(0);
64 var [cFinal, setCFinal] = useState(0); var
65 [bFinal, setBFinal] = useState(0);
66
67 var [x, setX] = useState(0);
68 var [y, setY] = useState(0);
69 var [b, setB] = useState(0);
70
71 var [k1, setK1] = useState(0);
72 var [k2, setK2] = useState(0);
73 var [k3, setK3] = useState(0);
74 var [k4, setK4] = useState(0);
75 var [k5, setK5] = useState(0);
76 var [k6, setK6] = useState(0);
77
78 var [volC, setVolC] = useState(0);
79
80 const [isShowingResult, setIsShowingResult] = useState(false);
81 const [isShowingSDTextBox, setIsShowingSDTextBox] = useState(false);
82 const [validated, setValidated] = useState(false);
83
84 //Após mostrar os resultados, rolar a tela do usuário
85 useEffect(() => {
86     if (isShowingResult === true) {
87         document.getElementById("result").scrollIntoView({ behavior: "smooth"
88     });
89     }, [isShowingResult]);
90
91 //Definir variáveis de desvio padrão, condição de preparo de concreto e
92 tipo de concreto ao selecionar na interface
93 const AnswerChangeHandler = (e) => {
94     //Essa função é executada toda vez que seleciona um dos seletores de
95     //multippla escolha
96     if (e.target.name === "sd") {
97         if (e.target.id === "d") {
98             setIsShowingSDTextBox(true);
99             sd = 1;
100             setSd(sd);
101         } else {
102             setIsShowingSDTextBox(false); sd
103             = parseFloat(e.target.value);
104             setSd(sd);
105         }
106     }
107     if (e.target.name === "sdvalue") {
108         sd = +document.getElementById("sdvalue").value; //Definir desvio
109         padrão
110         setSd(sd);
111     }
112     if (e.target.name === "ca") {
113         ca = parseInt(e.target.value); //Definir classe de agressividade
114         setCa(ca);
115     }
116     if (e.target.name === "tc") {

```

```

115         tc = e.target.value; //Definir Tipo de concreto
116         setTc(tc);
117     }
118
119     //Executar função para encontrar requisitos mínimos para o concreto
120     setMinimumValues();
121 };
122
123 function setMinimumValues() {
124     if (tc === "CP") {
125         if (ca === 1) {
126             setAcMin(0.6);
127             setFckMin(25);
128             setCcMin(260);
129         } else if (ca === 2) {
130             setAcMin(0.55);
131             setFckMin(30);
132             setCcMin(280);
133         } else if (ca === 3) {
134             setAcMin(0.5);
135             setFckMin(35);
136             setCcMin(320);
137         } else if (ca === 4) {
138             setAcMin(0.45);
139             setFckMin(40);
140             setCcMin(360);
141         }
142     }
143
144     if (tc === "CA") {
145         if (ca === 1) {
146             setAcMin(0.65);
147             setFckMin(20);
148             setCcMin(260);
149         } else if (ca === 2) {
150             setAcMin(0.6);
151             setFckMin(25);
152             setCcMin(280);
153         } else if (ca === 3) {
154             setAcMin(0.55);
155             setFckMin(30);
156             setCcMin(320);
157         } else if (ca === 4) {
158             setAcMin(0.45);
159             setFckMin(40);
160             setCcMin(360);
161         }
162     }
163
164     console.log({ sd, ca, tc, acMin, fckMin, ccMin });
165 }
166
167 function calculateResult() {
168     //Essa função é executada ao clicar no botão calcular, caso os campos
    estejam validados
169     m1 = +document.getElementById("m1").value; ac1 =
170     +document.getElementById("ac1").value; fcj1 =
171     +document.getElementById("fcj1").value; const me1
172     = +document.getElementById("me1").value;
173

```

```

174     m2 = +document.getElementById("m2").value; ac2 =
175     +document.getElementById("ac2").value; fcj2 =
176     +document.getElementById("fcj2").value; const me2
177     = +document.getElementById("me2").value;
178
179     m3 = +document.getElementById("m3").value; ac3 =
180     +document.getElementById("ac3").value; fcj3 =
181     +document.getElementById("fcj3").value; const me3
182     = +document.getElementById("me3").value;
183
184     ta = +document.getElementById("ta").value; fck
185     = +document.getElementById("fck").value;
186
187     volC = +document.getElementById("volC").value;
188
189     console.log({ ta, fck, sd });
190
191     x =
192         log(fcj1, 10) * (2 * ac1 - ac2 - ac3) +
193         log(fcj2, 10) * (2 * ac2 - ac1 - ac3) +
194         log(fcj3, 10) * (2 * ac3 - ac1 - ac2);
195
196     y =
197         2 * (Math.pow(ac1, 2) + Math.pow(ac2, 2) + Math.pow(ac3, 2)) -
198         2 * (ac1 * ac2 + ac1 * ac3 + ac2 * ac3);
199
200     b = x / y;
201     k1 = Math.pow(
202         10,
203         (1/3)*
204         (log(fcj1, 10) + log(fcj2, 10) + log(fcj3, 10) - b * (ac1 + ac2 +
ac3))
205     );
206     k2 = Math.pow(10, -b);
207     k4 =
208         (m1 * ac1 + m2 * ac2 + m3 * ac3 - m2 * (ac1 + ac2 + ac3)) /
209         (Math.pow(ac1, 2) +
210         Math.pow(ac2, 2) +
211         Math.pow(ac3, 2) -
212         Math.pow(ac1 + ac2 + ac3, 2) / 3);
213
214     const c1 = (me1 * 1000) / (1 + m1 + ac1);
215     const c2 = (me2 * 1000) / (1 + m2 + ac2);
216     const c3 = (me3 * 1000) / (1 + m3 + ac3);
217
218     k6 =
219         (1000 * 3 * (m1 / c1 + m2 / c2 + m3 / c3) -
220         1000 * (1 / c1 + 1 / c2 + 1 / c3) * (m1 + m2 + m3)) /
221         (3 * (Math.pow(m1, 2) + Math.pow(m2, 2) + Math.pow(m3, 2)) -
222         Math.pow(m1 + m2 + m3, 2));
223     k5 = (1000 * (1 / c1 + 1 / c2 + 1 / c3) - k6 * (m1 + m2 + m3)) / 3;
224
225     k3 = m2 - (k4 * (ac1 + ac2 + ac3)) / 3;
226
227     if (fck < fckMin) {
228         fcjFinal = fckMin + 1.65 * sd;
229     } else {
230         fcjFinal = fck + 1.65 * sd;
231     }
232

```



```
233     acFinal = (log(k1, 10) - log(fcjFinal, 10)) / log(k2, 10);
234
235     if (acFinal > acMin) {
236         acFinal = acMin;
237     }
238
239     mFinal = k3 + acFinal * k4;
240
241     areiaFinal = (ta * (1 + mFinal)) / 100 - 1;
242     cFinal = 1000 / (k5 + k6 * mFinal);
243     if (cFinal < ccMin) {
244         cFinal = ccMin;
245     }
246
247     bFinal = mFinal - areiaFinal;
248
249     console.log({
250         x,
251         y,
252         b,
253         k1,
254         k2,
255         k3,
256         k4,
257         k5,
258         k6,
259         fcjFinal,
260         acFinal,
261         mFinal,
262         areiaFinal,
263         cFinal,
264     });
265
266     setAc1(ac1);
267     setFcj1(fcj1);
268     setM1(m1);
269     setC1(c1);
270
271     setAc2(ac2);
272     setFcj2(fcj2);
273     setM2(m2);
274     setC2(c2);
275
276     setAc3(ac3);
277     setFcj3(fcj3);
278     setM3(m3);
279     setC3(c3);
280
281     setX(x);
282     setY(y);
283     setB(b);
284
285     setK1(k1);
286     setK2(k2);
287     setK3(k3);
288     setK4(k4);
289     setK5(k5);
290     setK6(k6);
291
292     setVolC(volC);
```

```

293
294     setAreiaFinal(areiaFinal.toFixed(2));
295     setBFinal(bFinal.toFixed(2));
296     setAcFinal(acFinal.toFixed(2));
297     setCFinal(cFinal.toFixed(2));
298 }
299
300 function populateDemoValues() {
301     //Função executada ao clicar em adicionar valores de demonstração
302     document.getElementById("m1").value           =           4;
303     document.getElementById("ac1").value           =           0.47;
304     document.getElementById("fcj1").value           =           45.1;
305     document.getElementById("me1").value = 2.28;
306
307     document.getElementById("m2").value           =           5;
308     document.getElementById("ac2").value           =           0.56;
309     document.getElementById("fcj2").value           =           36.4;
310     document.getElementById("me2").value = 2.3;
311
312     document.getElementById("m3").value           =           6;
313     document.getElementById("ac3").value           =           0.65;
314     document.getElementById("fcj3").value           =           29.6;
315     document.getElementById("me3").value = 2.32;
316
317     document.getElementById("ta").value = 52;
318     document.getElementById("fck").value = 30;
319     console.log("populate function");
320 }
321
322 const handleSubmit = (event) => {
323     //Essa função é executada ao clicar em Calcular, e valida os campos
324     //digitados, casos estejam validados, ela executa a função calcular resultado.
325     const form = event.currentTarget;
326     if (form.checkValidity() === false) {
327         setValidated(false);
328         setIsShowingResult(false);
329     } else { calculateResult();
330         setIsShowingResult(true);
331
332         if (isShowingResult === true) {
333             document.getElementById("result").scrollIntoView();
334         }
335     }
336
337     setValidated(true);
338     event.preventDefault();
339     event.stopPropagation();
340
341     console.log(form.checkValidity());
342     console.log(validated);
343 };
344
345 //Abaixo temos descritas as configurações (options) e dados (data) de cada
346 gráfico exibido nos resultados
347 const optionsLyse = {
348     responsive: true,
349     maintainAspectRatio: false,
350     scales: {

```

```

351     x: {
352         beginAtZero: true,
353         title: {
354             display: true,
355             text: "A/C (Kg/Kg)",
356         },
357     },
358     y: {
359         beginAtZero: true,
360         reverse: true,
361         position: "right",
362         title: {
363             display: true,
364             text: "m (Kg)",
365         },
366     },
367 },
368 plugins: {
369     title: {
370         display: true,
371         text: "Lei de Lyse",
372         position: "bottom",
373     },
374     legend: {
375         display: false,
376     },
377 },
378 };
379
380 const optionsKirilos = {
381     responsive: true,
382     maintainAspectRatio: false,
383     scales: {
384         x: {
385             beginAtZero: true,
386             reverse: true,
387             title: {
388                 display: true,
389                 text: "Consumo (Kg/m³)",
390             },
391         },
392         y: {
393             beginAtZero: true,
394             reverse: true,
395             title: {
396                 display: true,
397                 text: "m (Kg)",
398             },
399         },
400     },
401     plugins: {
402         title: {
403             display: true,
404             text: "Lei de Kirilos",
405             position: "bottom",
406         },
407         legend: {
408             display: false,
409         },
410     },

```

```

411 };
412
413 const optionsAbrams = {
414     responsive: true,
415     maintainAspectRatio: false,
416     scales: {
417         x: {
418             beginAtZero: true,
419             position: "top",
420             title: {
421                 display: true,
422                 text: "A/C (Kg/Kg)",
423             },
424         },
425         y: {
426             beginAtZero: true,
427             position: "right",
428             title: {
429                 display: true,
430                 text: "fcj (MPa)",
431             },
432         },
433     },
434     plugins: {
435         title: {
436             display: true,
437             text: "Lei de Abrams",
438         },
439         legend: {
440             display: false,
441         },
442     },
443 };
444
445 const dataAbrams = {
446     datasets: [
447         {
448             data: [
449                 { x: ac1, y: fcj1 },
450                 { x: ac2, y: fcj2 },
451                 { x: ac3, y: fcj3 },
452             ],
453             borderColor: "rgb(255, 99, 132)",
454             backgroundColor: "rgba(255, 99, 132, 0.5)",
455             showLine: true,
456             tension: 0.4,
457         },
458     ],
459 };
460
461 const dataKirilos = {
462     datasets: [
463         {
464             label: "Dataset 1",
465             data: [
466                 { x: c1, y: m1 },
467                 { x: c2, y: m2 },
468                 { x: c3, y: m3 },
469             ],
470             borderColor: "rgb(255, 99, 132)",

```

```

471     backgroundColor: "rgba(255, 99, 132, 0.5)",
472     showLine: true,
473     tension: 0.4,
474   },
475 ],
476 };
477
478 const dataLyse = {
479   datasets: [
480     {
481       label: "Dataset 1",
482       data: [
483         { x: ac1, y: m1 },
484         { x: ac2, y: m2 },
485         { x: ac3, y: m3 },
486       ],
487       borderColor: "rgb(255, 99, 132)",
488       backgroundColor: "rgba(255, 99, 132, 0.5)",
489       showLine: true,
490       tension: 0.4,
491     },
492   ],
493 };
494
495 //O código abaixo diz respeito a configuração dos elementos da interface,
496 definição de tamanhos, espaçamentos, cores e outras configurações.
497
498 return (
499   <div className="App">
500     <div>
501       <Navbar bg="light">
502         <Container style={{ maxWidth: 960 }}>
503           <Navbar.Brand href="#home">
504             
512             </Navbar.Brand>
513             <p>Calculadora de Dosagem de Concreto</p>
514           </Container>
515         </Navbar>
516         <Container className="my-5" style={{ maxWidth: 960 }}>
517           <p>
518             Método IPT-USP, projeto de Graduação de Engenharia Civil -
519             Universidade Federal do Espirito Santo.
520           </p>
521           <Button variant="outline-secondary"
522             onClick={populateDemoValues}> Adicionar Valores Demonstração
523           </Button>
524           <Form noValidate validated={validated} onSubmit={handleSubmit}>
525             <Row className="my-4">
526               <h3>Ensaio 1</h3>
527               <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
528                 <Form.Group controlId="m1">

```

```

528         <Form.Label>Traço</Form.Label>
529     <InputGroup>
530         <InputGroup.Text>1 : </InputGroup.Text>
531     <Form.Control
532         placeholder="0.0"
533         required
534         type="number"
535         inputMode="decimal"
536         min="0.01"
537         step="any"
538         max="20"
539     />
540 </InputGroup>
541 </Form.Group>
542 </Col>
543
544 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
545     <Form.Group controlId="ac1">
546         <Form.Label>a/c</Form.Label>
547         <InputGroup>
548             <Form.Control
549                 placeholder="0.0"
550                 required
551                 type="number"
552                 inputMode="decimal"
553                 min="0.01"
554                 step="any"
555                 max="5"
556             />
557             <InputGroup.Text>kg/kg</InputGroup.Text>
558         </InputGroup>
559     </Form.Group>
560 </Col>
561
562 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
563     <Form.Group controlId="fcj1">
564         <Form.Label>
565             f<sub>cj</sub>
566         </Form.Label>
567         <InputGroup>
568             <Form.Control
569                 placeholder="0.0"
570                 required
571                 type="number"
572                 inputMode="decimal"
573                 min="5"
574                 step="any"
575                 max="250"
576             />
577             <InputGroup.Text>MPa</InputGroup.Text>
578         </InputGroup>
579     </Form.Group>
580 </Col>
581
582 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
583     <Form.Group controlId="me1">
584         <Form.Label>Massa Específica</Form.Label>
585         <InputGroup>
586             <Form.Control
587                 placeholder="0.0"

```

```

588         required
589         type="number"
590         inputMode="decimal"
591         min="0.5"
592         step="any"
593         max="1000"
594     />
595     <InputGroup.Text>kg/dm³</InputGroup.Text>
596 </InputGroup>
597 </Form.Group>
598 </Col>
599 </Row>
600
601 <Row className="my-4">
602     <h3>Ensaio 2</h3>
603     <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
604         <Form.Group controlId="m2">
605             <Form.Label>Traço</Form.Label>
606             <InputGroup>
607                 <InputGroup.Text>1 : </InputGroup.Text>
608                 <Form.Control
609                     placeholder="0.0"
610                     required
611                     type="number"
612                     inputMode="decimal"
613                     min="0.01"
614                     step="any"
615                     max="20"
616                 />
617             </InputGroup>
618         </Form.Group>
619     </Col>
620
621     <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
622         <Form.Group controlId="ac2">
623             <Form.Label>a/c</Form.Label>
624             <InputGroup>
625                 <Form.Control
626                     placeholder="0.0"
627                     required
628                     type="number"
629                     inputMode="decimal"
630                     min="0.01"
631                     step="any"
632                     max="5"
633                 />
634                 <InputGroup.Text>kg/kg</InputGroup.Text>
635             </InputGroup>
636         </Form.Group>
637     </Col>
638
639     <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
640         <Form.Group controlId="fcj2">
641             <Form.Label>
642                 f<sub>cj</sub></Form.Label>
643             </Form.Label>
644             <InputGroup>
645                 <Form.Control
646                     placeholder="0.0"
647                     required

```

```

648         type="number"
649         inputMode="decimal"
650         min="5"
651         step="any"
652         max="250"
653     />
654     <InputGroup.Text>MPa</InputGroup.Text>
655 </InputGroup>
656 </Form.Group>
657 </Col>
658
659 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
660     <Form.Group controlId="me2">
661         <Form.Label>Massa Específica</Form.Label>
662         <InputGroup>
663             <Form.Control
664                 placeholder="0.0"
665                 required
666                 type="number"
667                 inputMode="decimal"
668                 min="0.5"
669                 step="any"
670                 max="1000"
671             />
672             <InputGroup.Text>kg/dm³</InputGroup.Text>
673         </InputGroup>
674     </Form.Group>
675 </Col>
676 </Row>
677
678 <Row className="my-4">
679     <h3>Ensaio 3</h3>
680     <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
681         <Form.Group controlId="m3">
682             <Form.Label>Traço</Form.Label>
683             <InputGroup>
684                 <InputGroup.Text>1 : </InputGroup.Text>
685                 <Form.Control
686                     placeholder="0.0"
687                     required
688                     type="number"
689                     inputMode="decimal"
690                     min="0.01"
691                     step="any"
692                     max="20"
693                 />
694             </InputGroup>
695         </Form.Group>
696     </Col>
697
698     <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
699         <Form.Group controlId="ac3">
700             <Form.Label>a/c</Form.Label>
701             <InputGroup>
702                 <Form.Control
703                     placeholder="0.0"
704                     required
705                     type="number"
706                     inputMode="decimal"
707                     min="0.01"

```



```

708         step="any"
709         max="5"
710     />
711     <InputGroup.Text>kg/kg</InputGroup.Text>
712 </InputGroup>
713 </Form.Group>
714 </Col>
715
716 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
717     <Form.Group controlId="fcj3">
718         <Form.Label>
719             f<sub>cj</sub>
720         </Form.Label>
721         <InputGroup>
722             <Form.Control
723                 placeholder="0.0"
724                 required
725                 type="number"
726                 inputMode="decimal"
727                 min="5"
728                 step="any"
729                 max="250"
730             />
731             <InputGroup.Text>MPa</InputGroup.Text>
732         </InputGroup>
733     </Form.Group>
734 </Col>
735
736 <Col xs={6} md={3} className="mt-2">
737     <Form.Group controlId="me3">
738         <Form.Label>Massa Específica</Form.Label>
739         <InputGroup>
740             <Form.Control
741                 placeholder="0.0"
742                 required
743                 type="number"
744                 inputMode="decimal"
745                 min="0.5"
746                 step="any"
747                 max="1000"
748             />
749             <InputGroup.Text>kg/dm³</InputGroup.Text>
750         </InputGroup>
751     </Form.Group>
752 </Col>
753 </Row>
754 <h3>Propriedades do Concreto</h3>
755 <Row className="">
756     <Col xs={12} md={5} className="py-2">
757         <Card className="my-2 p-2 h-100">
758             <fieldset>
759                 <Form.Group as={Row} controlId="sd">
760                     <Form.Label as="legend" column xl={12}>
761                         Condição de Preparo do Concreto
762                     </Form.Label>
763                     <Col xl={12}>
764                         <Form.Check
765                             type="radio"
766                             label="A - Desvio Padrão: 4,0 MPa"
767                             name="sd"

```

```

768         id="a"
769         required
770         value={4.0}
771         onChange={AnswerChangeHandler}
772     />
773     <Form.Check
774         type="radio"
775         label="B - Desvio Padrão: 5,5 MPa"
776         name="sd"
777         id="b"
778         value={5.5}
779         onChange={AnswerChangeHandler}
780     />
781     <Form.Check
782         type="radio"
783         label="C - Desvio Padrão: 7,0 MPa"
784         name="sd"
785         id="c"
786         value={7}
787         onChange={AnswerChangeHandler}
788     />
789     <Form.Check
790         type="radio"
791         label="Desvio Padrão Personalizado"
792         name="sd"
793         id="d"
794         value=""
795         onChange={AnswerChangeHandler}
796     />
797     </Col>
798     </Form.Group>
799 </fieldset>
800 {isShowingSDTextBox && (
801     <Row>
802         <Col sm={12} md={12} className="mt-2 ps-5">
803             <Form.Group controlId="sdvalue">
804                 <Form.Label>Desvio
805                 Padrão</Form.Label> <InputGroup>
806                     <Form.Control
807                         placeholder="0.0"
808                         name="sdvalue"
809                         type="number"
810                         inputMode="decimal"
811                         min="0.01"
812                         step="any"
813                         max="30"
814                         defaultValue="1.0"
815                         onChange={AnswerChangeHandler}
816                     />
817                     <InputGroup.Text>MPa</InputGroup.Text>
818                 </InputGroup>
819             </Form.Group>
820         </Col>
821     </Row>
822 )}
823 </Card>
824 </Col>
825 <Col xs={6} md={3} className="py-2">
826     <Card className="my-2 p-2 h-100">
827         <fieldset>

```

```

828         <Form.Group      as={Row}      controlId="ca">
829             <Form.Label as="legend" column xl={12}>
830                 Classe de Agressividade
831             </Form.Label>
832             <Col xl={12}>
833                 <Form.Check
834                     type="radio"
835                     label="I"
836                     name="ca"
837                     value="1"
838                     required
839                     onChange={AnswerChangeHandler}
840                 />
841                 <Form.Check
842                     type="radio"
843                     label="II"
844                     name="ca"
845                     value="2"
846                     onChange={AnswerChangeHandler}
847                 />
848                 <Form.Check
849                     type="radio"
850                     label="III"
851                     name="ca"
852                     value="3"
853                     onChange={AnswerChangeHandler}
854                 />
855                 <Form.Check
856                     type="radio"
857                     label="IV"
858                     name="ca"
859                     value="4"
860                     onChange={AnswerChangeHandler}
861                 />
862             </Col>
863         </Form.Group>
864     </fieldset>
865 </Card>
866 </Col>
867 <Col xs={6} md={4} className="py-2">
868     <Card className="my-2 p-2 h-100">
869         <fieldset>
870             <Form.Group      as={Row}      controlId="tc">
871                 <Form.Label as="legend" column xl={12}>
872                     Tipo de Concreto
873                 </Form.Label>
874                 <Col xl={12}>
875                     <Form.Check
876                         type="radio"
877                         label="CA - Concreto Armado"
878                         name="tc"
879                         id="ca"
880                         required
881                         value="CA"
882                         onChange={AnswerChangeHandler}
883                     />
884                     <Form.Check
885                         type="radio"
886                         label="CP - Concreto Protendido"
887                         name="tc"

```

```

888         id="cp"
889         value="CP"
890         onChange={AnswerChangeHandler}
891     />
892 </Col>
893 </Form.Group>
894 </fieldset>
895 </Card>
896 </Col>
897 </Row>
898 <div className="d-grid gap-2 my-auto">
899     <Row className="my-2">
900         <Col>
901             <Form.Group controlId="ta">
902                 <Form.Label>Teor de Argamassa</Form.Label>
903                 <InputGroup>
904                     <Form.Control
905                         placeholder="0.0"
906                         required
907                         type="number"
908                         inputMode="decimal"
909                         min="1"
910                         step="any"
911                         max="100"
912                     />
913                     <InputGroup.Text>% em massa</InputGroup.Text>
914                 </InputGroup>
915             </Form.Group>
916         </Col>
917
918         <Col>
919             <Form.Group controlId="fck">
920                 <Form.Label>
921                     f<sub>ck</sub>
922                 </Form.Label>
923                 <InputGroup>
924                     <Form.Control
925                         placeholder="0.0"
926                         required
927                         type="number"
928                         inputMode="decimal"
929                         min="0.5"
930                         step="any"
931                         max="50"
932                     />
933                     <InputGroup.Text>MPa</InputGroup.Text>
934                 </InputGroup>
935             </Form.Group>
936         </Col>
937     </Row>
938
939     <Row>
940         <Col xs={6} md={4} className="mt-2">
941             <Form.Group controlId="s1">
942                 <Form.Label>
943                     Slump <sub>(Opcional)</sub>
944                 </Form.Label>
945                 <InputGroup>
946                     <Form.Control
947                         placeholder="0.0"

```

```

948         type="number"
949         inputMode="decimal"
950         min="0"
951         step="any"
952         max="50"
953     />
954     <InputGroup.Text>cm</InputGroup.Text>
955 </InputGroup>
956 </Form.Group>
957 </Col>
958
959 <Col xs={6} md={4} className="mt-2">
960     <Form.Group controlId="taditivo">
961         <Form.Label>
962             Teor de Aditivo <sub>(Opcional)</sub>
963         </Form.Label>
964         <InputGroup>
965             <Form.Control
966                 placeholder="0.0"
967                 type="number"
968                 inputMode="decimal"
969                 min="0"
970                 step="any"
971                 max="50"
972             />
973             <InputGroup.Text>% em massa</InputGroup.Text>
974         </InputGroup>
975     </Form.Group>
976 </Col>
977
978 <Col xs={6} md={4} className="mt-2">
979     <Form.Group controlId="volC">
980         <Form.Label>
981             Volume de Concreto <sub>(Opcional)</sub>
982         </Form.Label>
983         <InputGroup>
984             <Form.Control
985                 placeholder="0.0"
986                 type="number"
987                 inputMode="decimal"
988                 min="1"
989                 step="any"
990                 defaultValue="1"
991             />
992             <InputGroup.Text>m³</InputGroup.Text>
993         </InputGroup>
994     </Form.Group>
995 </Col>
996 </Row>
997
998 <Button
999     variant="primary"
1000     type="submit"
1001     size="lg"
1002     className="mx-auto"
1003 >
1004     Calcular
1005 </Button>
1006 </div>
1007 </Form>

```

```

1008
1009 {isShowingResult && (
1010     <Card id="result" className="my-5 pagebreak" border="primary">
1011         <Card.Header>Resultado</Card.Header>
1012         <Card.Body>
1013             <h4>Cálculo</h4>
1014             <Row>
1015                 <Col xs={6} md={6}>
1016                     <Table hover size="sm" responsive="sm">
1017                         <tbody>
1018                             <tr>
1019                                 <td> X </td>
1020                                 <td> {x.toFixed(4)} </td>
1021                             </tr>
1022                             <tr>
1023                                 <td> Y </td>
1024                                 <td> {y.toFixed(4)} </td>
1025                             </tr>
1026                             <tr>
1027                                 <td> b </td>
1028                                 <td> {b.toFixed(4)} </td>
1029                             </tr>
1030                             <tr>
1031                                 <td> Consumo - Traço 1 </td>
1032                                 <td> {c1.toFixed(4)} </td>
1033                             </tr>
1034                             <tr>
1035                                 <td> Consumo - Traço 2 </td>
1036                                 <td> {c2.toFixed(4)} </td>
1037                             </tr>
1038                             <tr>
1039                                 <td> Consumo - Traço 3 </td>
1040                                 <td> {c3.toFixed(4)} </td>
1041                             </tr>
1042                             <tr>
1043                                 <td> Desvio Padrão </td>
1044                                 <td> {sd} </td>
1045                             </tr>
1046                             <tr>
1047                                 <td>
1048                                     {" "}
1049                                     f<sub>ck</sub> Mín. {" "}
1050                                 </td>
1051                                 <td> {fckMin} </td>
1052                             </tr>
1053                         </tbody>
1054                     </Table>
1055                 </Col>
1056                 <Col xs={6} md={6}>
1057                     <Table hover size="sm" responsive="sm">
1058                         <tbody>
1059                             <tr>
1060                                 <td> K1 </td>
1061                                 <td> {k1.toFixed(4)} </td>
1062                             </tr>
1063                             <tr>
1064                                 <td> K2 </td>
1065                                 <td> {k2.toFixed(4)} </td>
1066                             </tr>
1067                             <tr>

```

```

1068         <td> K3 </td>
1069         <td> {k3.toFixed(4)} </td>
1070     </tr>
1071     <tr>
1072         <td> K4 </td>
1073         <td> {k4.toFixed(4)} </td>
1074     </tr>
1075     <tr>
1076         <td> K5 </td>
1077         <td> {k5.toFixed(4)} </td>
1078     </tr>
1079     <tr>
1080         <td> K6 </td>
1081         <td> {k6.toFixed(4)} </td>
1082     </tr>
1083
1084     <tr>
1085         <td> A/C Mín. </td>
1086         <td> {acMin} </td>
1087     </tr>
1088     <tr>
1089         <td> Consumo de Cimento Mín. </td>
1090         <td> {ccMin} </td>
1091     </tr>
1092 </tbody>
1093 </Table>
1094 </Col>
1095 </Row>
1096 <h4>Traço Final</h4>
1097 <Table striped bordered>
1098     <thead>
1099         <tr>
1100             <th>Cimento</th>
1101             <th>Areia</th>
1102             <th>Brita</th>
1103             <th>Água</th>
1104         </tr>
1105     </thead>
1106     <tbody>
1107         <tr>
1108             <td> 1 </td>
1109             <td> {areiaFinal} </td>
1110             <td> {bFinal} </td>
1111             <td> {acFinal} </td>
1112         </tr>
1113     </tbody>
1114 </Table>
1115 <h4>Consumo de Materiais (Kg/m³ de Concreto)</h4>
1116 <Table striped bordered>
1117     <thead>
1118         <tr>
1119             <th>Cimento</th>
1120             <th>Areia</th>
1121             <th>Brita</th>
1122             <th>Água</th>
1123         </tr>
1124     </thead>
1125     <tbody>
1126         <tr>
1127             <td> {cFinal} </td>

```

```

1128         <td> {(cFinal * areiaFinal).toFixed(2)} </td>
1129         <td> {(cFinal * bFinal).toFixed(2)} </td>
1130         <td> {(cFinal * acFinal).toFixed(2)} </td>
1131     </tr>
1132 </tbody>
1133 </Table>
1134
1135 <h4>Consumo de Materiais para {volC}m³ de Concreto</h4>
1136 <Table striped bordered>
1137     <thead>
1138         <tr>
1139             <th>Cimento</th>
1140             <th>Areia</th>
1141             <th>Brita</th>
1142             <th>Água</th>
1143         </tr>
1144     </thead>
1145     <tbody>
1146         <tr>
1147             <td> {(cFinal * volC).toFixed(2)} </td>
1148             <td> {(cFinal * areiaFinal * volC).toFixed(2)} </td>
1149             <td> {(cFinal * bFinal * volC).toFixed(2)} </td>
1150             <td> {(cFinal * acFinal * volC).toFixed(2)} </td>
1151         </tr>
1152     </tbody>
1153 </Table>
1154
1155 <h4>Gráfico</h4>
1156 <Row style={{ height: 250 }}>
1157     <Col xs={6} className="pe-0"></Col>
1158     <Col xs={6} className="ps-0">
1159         <Scatter options={optionsAbrams} data={dataAbrams} />{"
1160     </Col>
1161 </Row>
1162 <Row style={{ height: 250 }}>
1163     <Col xs={6} className="pe-0">
1164         <Scatter options={optionsKirilos} data={dataKirilos} />
1165     </Col>
1166     <Col xs={6} className="ps-0">
1167         <Scatter options={optionsLyse} data={dataLyse} />
1168     </Col>
1169 </Row>
1170
1171 <Button
1172     variant="outline-secondary"
1173     onClick={() => window.print()}
1174 >
1175     Imprimir
1176 </Button>
1177 </Card.Body>
1178 </Card>
1179     )}
1180 </Container>
1181 </div>
1182 </div>
1183 );
1184 }
1185
1186 export default App;

```