

ESTUDO PRELIMINAR DE FERRAMENTA DIGITAL PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA E AMBIENTAL DO CONCRETO

ENRICO AUGUSTO DOS SANTOS SOUZA¹, LEONARDO DI CIOMMO²,
JOSÉ AMÉRICO ALVES SALVADOR FILHO³

¹ Graduando em Bacharelado em Engenharia Civil, Bolsista PIBIFSP, IFSP campus Caraguatatuba, enrico.a@aluno.ifsp.edu.br

² Aluno do curso Técnico em Informática para Internet Integrado ao Ensino Médio, Bolsista CEPIN-CIS, IFSP campus Caraguatatuba, l.ciommo@ifsp.edu.br

³ Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil, IFSP campus Caraguatatuba, coordenador do Centro de Pesquisa e Inovação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis CEPIN-CIS, jasalvador@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Materiais e Componentes de Construção – 3.01.01.01-8

RESUMO: O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, e seu desempenho depende diretamente da caracterização adequada dos materiais constituintes, dos traços utilizados e das propriedades obtidas em ensaios laboratoriais. A rastreabilidade desses dados, além de essencial para fins acadêmicos, científicos e profissionais, é uma exigência crescente em função de requisitos normativos e ambientais. Atualmente, a organização e o armazenamento de informações relacionadas aos traços e ensaios de concreto são muitas vezes realizados de forma manual ou em planilhas desconectadas, dificultando a padronização e a geração de laudos técnicos. Além disso, cresce a necessidade de incorporar indicadores de impacto ambiental, como emissões de CO₂, visando estudos de Análise do Ciclo de Vida (ACV) do concreto. Este trabalho apresenta os parâmetros de desenvolvimento de um módulo para plataforma digital que permita o registro estruturado de traços de concretos, cadastro de materiais, registro de resultados de ensaios laboratoriais e geração automática de relatórios técnicos, conforme normas técnicas vigentes e informações para análises ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: CONCRETO; SUSTENTABILIDADE; EMISSÕES DE CO₂; BANCO DE DADOS; ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV).

PRELIMINARY STUDY OF A DIGITAL TOOL FOR TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF CONCRETE

ABSTRACT: Concrete is one of the most widely used materials in civil construction, and its performance depends directly on the proper characterization of its constituent materials, the mix designs used, and the properties obtained through laboratory testing. The traceability of this data is not only essential for academic, scientific, and professional purposes, but it is also increasingly required due to regulatory and environmental demands. Currently, the organization and storage of information related to concrete mix designs and test results are often done manually or through disconnected spreadsheets, hindering standardization and the generation of technical reports. Moreover, there is a growing need to incorporate environmental impact indicators, such as CO₂ emissions, to support Life Cycle Assessment (LCA) studies of concrete. This work presents the development parameters of a digital platform module designed to enable structured recording of concrete mix designs, material registration, storage of laboratory test results, and automatic generation of technical reports, in accordance with current technical standards and environmental analysis requirements.

KEYWORDS: CONCRETE; SUSTAINABILITY; CO₂ EMISSIONS; DATABASE; LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA).

INTRODUÇÃO

O uso de plataformas digitais no setor da construção civil tem se mostrado uma ferramenta estratégica para modernizar a gestão de dados técnicos, melhorar a rastreabilidade de processos e contribuir para práticas mais sustentáveis na produção de concreto. Em especial, sistemas voltados ao cadastro e análise de materiais cimentícios, traços de concreto e resultados laboratoriais têm potencial para aprimorar significativamente a qualidade e a eficiência na cadeia produtiva.

A digitalização das informações técnicas permite o controle detalhado de propriedades dos materiais, métodos de preparo, ensaios e resultados de desempenho. Além de facilitar o acesso e a organização dos dados, esse tipo de sistema promove maior rastreabilidade ao longo de todo o ciclo produtivo do concreto, desde a origem dos insumos até o produto aplicado em obra. Essa rastreabilidade é essencial não apenas para a conformidade com normas técnicas, mas também para a elaboração de declarações ambientais de produto e para o controle de qualidade na execução de estruturas (COMITÊ TÉCNICO CT 101 IBRACON/ABECE/ABCIC, 2024).

A integração entre bancos de dados e algoritmos computacionais também contribui para a otimização do processo produtivo. Com o uso de inteligência artificial e técnicas de aprendizado de máquina, é possível realizar previsões de propriedades do concreto, como resistência à compressão, com base em dados históricos, reduzindo a necessidade de ensaios repetitivos e diminuindo os custos operacionais (LIU et al., 2023; ONYELOWE et al., 2023). Além disso, interfaces gráficas bem estruturadas possibilitam simulações e ajustes de traços de forma ágil, apoiando engenheiros e pesquisadores no desenvolvimento de composições otimizadas e adequadas às condições específicas de projeto (LIU et al., 2023, WEERAPURA et al., 2023).

Outro aspecto central dessas plataformas é o suporte à sustentabilidade. Ao registrar de forma sistemática as emissões de CO₂ incorporadas aos materiais e misturas, é possível avaliar o impacto ambiental das escolhas técnicas e orientar decisões voltadas à redução da pegada de carbono. Esse tipo de análise é especialmente relevante diante das diretrizes atuais de responsabilidade socioambiental no setor da construção civil (ONYELOWE et al., 2023). A possibilidade de antecipar o desempenho das misturas também contribui para a durabilidade das estruturas, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência no uso de recursos (NASER, 2022, ONYELOWE et al., 2023).

O presente projeto dá continuidade ao trabalho iniciado por Flor (2022), desenvolvido como Trabalho de Conclusão de Curso no campus, e amplia sua proposta com base em referências atualizadas e recursos tecnológicos mais robustos. O desenvolvimento ocorrerá no âmbito do Centro de Pesquisa e Inovação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CEPIN-CIS), visando consolidar uma ferramenta aplicável não apenas ao ambiente acadêmico, mas também à extensão

universitária, beneficiando profissionais técnicos, estudantes e instituições interessadas em adotar práticas mais sustentáveis e eficientes na elaboração de concreto.

METODOLOGIA

A pesquisa será desenvolvida em quatro etapas principais: levantamento normativo, modelagem do banco de dados, desenvolvimento da plataforma digital e testes de validação. Atualmente encontra-se em estágio inicial, no desenvolvimento conjunto das etapas 1 e 2.

Levantamento Normativo

A primeira etapa consiste na análise crítica das normas técnicas relacionadas à produção e ao controle tecnológico do concreto de cimento Portland, com foco nas emitidas pela ABNT, como NBR 7211, NBR 5738 e NBR 12655. Também serão consideradas diretrizes voltadas à Análise de Ciclo de Vida (ACV), com ênfase na quantificação de impactos ambientais nas etapas de fabricação, transporte e aplicação do concreto.

Além disso, serão identificados os campos obrigatórios a constarem nos laudos técnicos, conforme os requisitos das normas e do Boletim Técnico IBRACON/ABECE/ABCIC – Quantificação das Emissões de CO₂ Incorporadas. Este documento será uma das principais referências para compatibilizar os dados técnicos com práticas sustentáveis adotadas no setor.

Estrutura e Fluxo de Dados

Esta seção abrange a metodologia da segunda e terceira etapa, onde primeiramente será realizada a modelagem relacional do banco de dados que armazenará informações técnicas sobre materiais, traços e ensaios de concreto. Esse banco será integrado à aplicação web já existente, desenvolvida por Flor (2022), voltada ao auxílio da dosagem pelo método IPT/EPUSP.

O trabalho de Flor (2022), permitiu automatização da utilização do método IPT/EPUSP na dosagem do concreto, com parâmetros ajustáveis e armazenamento de resultados de ensaio, por meio de uma aplicação web, utilizando linguagens de programação e bibliotecas voltadas à automação do cálculo, tanto na estrutura da aplicação quanto no tratamento matemático dos dados. Assim, a implementação de um Banco de dados relacional permite ligar o método de dosagem aos materiais utilizados, proporcionando otimização e expansão do módulo digital, considerando os parâmetros de todos os materiais utilizados.

A estrutura incluirá tabelas para materiais (com dados sobre tipo, origem e emissões estimadas), traços (composições por m³ e método de preparo), ensaios (tipos e resultados) e laudos (geração automatizada conforme os requisitos normativos), além de informações sobre fabricante, produtor ou fornecedor. As tabelas de materiais funcionarão como entradas primárias do sistema, alimentando a tabela de concreto (na parte que armazena o traço), que por sua vez servirá como fonte de dados para os ensaios e laudos gerados automaticamente.

Na sequência, será implementado um módulo adicional à plataforma já existente, complementando e ampliando-o com funcionalidades específicas para gerenciamento de dados ambientais e técnicos. O sistema terá arquitetura cliente-servidor, com *backend* em *Node.js* e *MySQL* e *frontend* em tecnologias web como HTML, CSS e *JavaScript* (possivelmente com uso de *React*).

Entre as funcionalidades previstas estão o cadastro de materiais, registro de traços e ensaios, inserção de dados de emissões de CO₂ e geração automatizada de laudos para materiais e ensaios em PDF ou CSV.

Testes e Validação

A última etapa envolve a inserção de dados simulados para verificação da consistência dos registros, da integridade da base de dados e do desempenho do sistema. Serão avaliados aspectos como usabilidade da interface, tempo de resposta e aderência às normas. Os ajustes necessários serão feitos com base nesses testes, visando garantir uma aplicação estável e confiável para o uso técnico e acadêmico.

RESULTADOS PARCIAIS

No presente momento, o projeto encontra-se em fase inicial, contemplando o desenvolvimento preliminar das duas primeiras etapas. Foram analisadas as normas ABNT NBR 16697:2018 e ABNT NBR 7211:2005, que serviram de base para a estruturação preliminar do banco de dados relacional, uma vez que as propriedades de cimentos e de agregados graúdos e miúdos estão fundamentadas nos parâmetros definidos por essas normas.

PERSPECTIVAS E VIABILIDADE DO PROJETO

O projeto será desenvolvido no Centro de Pesquisa e Inovação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CEPIN-CIS), que dispõe de infraestrutura adequada e recursos computacionais para a realização das etapas previstas. A iniciativa dá continuidade ao trabalho de Flor (2022), expandindo seus resultados e integrando aspectos de sustentabilidade.

O desenvolvimento contará com apoio de um coorientador com experiência em desenvolvimento web, o que assegura suporte técnico nas fases de implementação e validação. Espera-se ao final obter uma plataforma funcional para gerenciamento de dados técnicos e ambientais de concretos, contribuindo para a sistematização de informações e o aprimoramento de práticas sustentáveis no setor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPACTO ESPERADO

Além da aplicação acadêmica, a plataforma poderá ser utilizada em atividades de extensão universitária, beneficiando profissionais da construção civil por meio de capacitações,

consultorias e parcerias com instituições públicas e privadas. A iniciativa reforça o papel da universidade na promoção de tecnologias digitais alinhadas à sustentabilidade na engenharia civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus Caraguatatuba, e ao Centro de Pesquisa e Inovação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (CEPIN-CIS), pelo apoio institucional e pela concessão das bolsas de Iniciação Científica e de Monitoria.

REFERÊNCIAS

COMITÊ TÉCNICO CT 101 IBRACON/ABECE/ABCIC. Quantificação das emissões de CO₂ incorporadas em materiais cimentícios e estruturas de concreto. São Paulo: IBRACON; ABECE; ABCIC, 2024. (Boletim Técnico – Sustentabilidade do Concreto).

FLOR, V. D. G.; SALVADOR FILHO, José Américo Alves Desenvolvimento de sistema computacional para dosagem de concretos pelo método IPT/EPUSP. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de São Paulo, Campus Caraguatatuba, 2022.

LIU, Kexin et al. Development of compressive strength prediction platform for concrete materials based on machine learning techniques. Journal of Building Engineering, v. 80, p. 107977, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107977>.

NASER, M. Z. Digital twin for next gen concretes: on-demand tuning of vulnerable mixtures through explainable and anomalous machine learning. Cement and Concrete Composites, v. 132, p. 104640, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104640>.

ONYELOWE, Kennedy C. et al. AI mix design of fly ash admixed concrete based on mechanical and environmental impact considerations. Civil Engineering Journal, v. 9, p. 27–45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-01-03>.

WEERAPURA, Vihan et al. Feasibility of digital twins to manage the operational risks in the production of a ready-mix concrete plant. Buildings, v. 13, n. 2, p. 447, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13020447>.