

GESTÃO DE OBRAS

Rafael Henrique Freitas Lima¹; Andréa de Oliveira Bonini²;

¹Aluno de Engenharia Civil– Faculdades Integradas de Bauru – FIB –Rafael_henrique3@hotmail.com

²Andréa de Oliveira Bonini Professora do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Gestão de obras, Planejamento, Sustentabilidade

Introdução: A construção civil abrange a construção, reforma e conservação de edificações, como habitações e estradas. A gestão de obras envolve a administração de projetos e a coordenação de recursos humanos, financeiros e suprimentos. Uma pesquisa da Autodoc (2024) destacou a construção civil como um grande gerador de empregos, com crescimento de 10% ao ano nos últimos quatro anos, segundo o Caged. Contudo, a falta de mão de obra qualificada, como mestres de obras e engenheiros, tem sido um desafio crescente, com 70% das construtoras relatando dificuldades de contratação. Nesse cenário, o Planejamento de Controle da Produção (PCP) é essencial para melhorar o desempenho do setor e elevar a qualidade.

Objetivos: A gestão de obras, que abrange a administração de projetos e a coordenação de recursos, enfrenta a escassez de mão de obra qualificada. O Planejamento de Controle da Produção (PCP) é fundamental para otimizar, organizar, planejar e controlar todas as etapas do processo de construção, garantindo que os recursos sejam utilizados da forma mais eficiente possível. Isso inclui a programação de atividades, a gestão de materiais, a alocação de equipes e a coordenação de tarefas, otimizando o tempo e minimizando desperdícios o desempenho, reduzir perdas e aumentar a qualidade no setor. Melhoria na produtividade: Com um planejamento claro, é possível organizar melhor as tarefas, diminuindo o tempo de execução e aumentando a eficiência do trabalho. Redução de desperdícios: O controle rigoroso do uso de materiais e recursos ajuda a reduzir perdas e custos, tornando a obra mais econômica e sustentável. Qualidade do projeto: Com processos mais bem organizados e controlados, a qualidade final da obra tende a ser superior, atendendo aos padrões e requisitos estabelecidos. Previsão e mitigação de problemas: O PCP permite identificar potenciais problemas antes que eles ocorram, como atrasos ou falta de materiais, permitindo ações preventivas para evitar impactos no cronograma.

Relevância do Estudo: Este estudo é relevante por abordar questões críticas na construção civil, que gera empregos e desenvolve infraestrutura. A pesquisa destaca a escassez de mão de obra qualificada e os problemas gerenciais enfrentados pelas empresas, enfatizando a importância do PCP como uma ferramenta estratégica para otimizar a produtividade, reduzir perdas e elevar a qualidade das obras.

Materiais e métodos: O estudo adotou uma abordagem exploratória, utilizando revisão de literatura e dados secundários de instituições do setor. Foram examinados relatórios e dados de pesquisas da Autodoc, Caged e CBIC, além de sondagens do FGV Ibre. Portanto, as sondagens FGV IBRE de construção civil são uma espécie de pesquisa para medir a confiança e expectativas das empresas desse setor na economia. Elas avaliam a atividade corrente e futura nas empresas de construção civil, como produção, demanda, emprego e investimentos. Tudo isso ajuda a identificar o clima econômico do setor, a assumir tendências futuras e a basear suas decisões de manufatura e políticas públicas pensadas sobre construção civil.

A revisão da literatura abordou o impacto do PCP na eficiência produtiva e na redução de perdas, com autores como Formoso (2001) e Bernardes (2003). Os dados exploraram o crescimento do emprego na construção civil e os gargalos pela falta de mão de obra qualificada, complementados por análises qualitativas dos benefícios do PCP.

Resultados e discussões: Os resultados mostram o impacto positivo do PCP no desenvolvimento humano, especialmente diante da escassez de trabalhadores qualificados. A análise do Caged confirma que o número de trabalhadores na construção cresceu 10% anualmente, mas a falta de profissionais qualificados tem prejudicado o desempenho dos projetos. A pesquisa da CBIC revela que 70% das construtoras enfrentam dificuldades na contratação, afetando a produtividade e a qualidade. O uso do PCP ajuda a reduzir perdas e aumentar a eficiência produtiva, melhorando a gestão de recursos e aumentando a qualidade dos projetos. A discussão destaca a importância do PCP para o crescimento do setor, que exige investimentos em capacitação e formação de mão de obra qualificada. Políticas públicas e iniciativas privadas devem promover a educação de profissionais, garantindo que a força de trabalho atenda às necessidades do mercado.

Conclusão: A construção civil é crucial para a economia, criando infraestrutura e empregos. O estudo ressalta a importância do Planejamento de Controle da Produção (PCP) como ferramenta para enfrentar a escassez de mão de obra qualificada, que compromete a produtividade e a qualidade. Apesar do crescimento de 10% na construção civil, 70% das construtoras enfrentam dificuldades de contratação. A implementação do PCP é uma solução estratégica que melhora a gestão de recursos e reduz desperdícios, aumentando a eficiência e a qualidade dos projetos. Além disso, é fundamental investir na capacitação da mão de obra. A adoção de práticas de gestão eficazes, como o PCP, é vital para o desenvolvimento sustentável do setor, contribuindo para o fortalecimento da economia nacional.

Referências –

- ARAÚJO, J. A.; MEIRA, M. M. A importância do planejamento na construção civil. **Revista de Engenharia Civil**, v. 8, n. 2, p. 45-56, 1997.
- BERNARDES, R. M. Planejamento e controle da produção na construção civil: um estudo de caso. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Produção**, p. 101-112, 2003.
- FORMOSO, C. T. Gestão de projetos na construção civil: planejamento e controle. São Paulo: Pioneira, 2001.
- IBGE. Caged - Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. Dados de emprego e desemprego. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/caged>. Acesso em: 01 out. 2024.
- CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Sondagem sobre a confiança na construção. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.cbic.org.br/>. Acesso em: 01 out. 2024.

GESTÃO DE OBRAS COM ÂNFASE EM METODOLOGIAS ÁGEIS

Pedro Henrique Ramos de Almeida ¹; Andréa de Oliveira Bonini ²

¹Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – Pedro997264355@gmail.com;

² Professora do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB -
andrea.bonini@fibbau.br.

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Gerenciamento de obras, Mobilidades tecnológicas em gestão de obras, Softwares de gestão de obras., Planejamento e controle de obras.

Introdução: Formoso (2001) considera o planejamento é um processo gerencial, que envolve os objetivos e a determinação dos procedimentos necessários, sendo eficaz quando realizado em conjunto com o controle. A engenharia civil combina ciência, tecnologia para criar obras sustentáveis e de qualidade, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida. De acordo com Pires (2014), a indústria da construção sofre com alterações substanciais, com a grande competitividade no mercado, devido à alta exigência por obras mais modernas. O sucesso dos projetos depende de um planejamento estratégico e eficiente, que envolva o uso de ferramentas adequadas de gestão como, como Microsoft Project, Primavera, além de metodologias como o Caminho Crítico e o *Building Information Modeling* (BIM). Essas ferramentas auxiliam e garante a entrega de projetos dentro dos prazos e orçamento, além de monitorar as atividades para corrigir possíveis desvios. De acordo com Prado e Marques (2017), o uso do computador no gerenciamento de projetos tem sido empregado desde 1950, quando surgiram as técnicas PERT/CPM, que utilizam redes para planejamento e controle. Desde então, houve muita evolução nesta área. O planejamento envolve vários objetivos claros, a alocação de recurso e a criação de cronogramas detalhados, enquanto o controle faz a monitoramento do progresso e a correção de falhas, evitando o custo extra e atrasos. Ferramentas como MS Project, adequadas para projetos menores, e primavera, mais robusta e melhor para o uso de obras mais complexas, são mais amplas utilizadas para o gerenciamento de cronogramas e controle de custo. Além disso, metodologias como *Lean Construction* e abordagens ágeis, como *Scrum* e *Kanban*, ajudam a otimizar os processos, reduzir desperdícios e melhorar a flexibilidade operacional, elevando a produtividade no canteiro de obras. A comunicação entre equipes e o monitoramento em tempo real do progresso das obras. Através da automação e da análise avançada de dados, esses softwares não apenas otimizam o fluxo de trabalho, mas também ajudam os gestores a antecipar e mitigar problemas, resultando em uma maior eficiência operacional e no sucesso dos projetos (Clemente, 2023). Ferramentas emergentes como estão revolucionando a gestão de obras, melhorando a comunicação entre equipes e o monitoramento em tempo real. O uso de *KPIs* (indicadores de desempenho) é essencial para medir a eficiência das atividades, garantindo o sucesso do projeto. No entanto, a construção civil ainda enfrenta desafios, como a qualificação da mão de obra e a integração das ferramentas tecnológicas. Superar esses obstáculos, com investimentos em capacitação contínua e adaptação às novas tecnologias, é fundamental para maximizar os benefícios dessas inovações e alcançar melhores resultados em termos de controle, eficiência e sucesso nos projetos. Além disso, os programas oferecem uma visão clara do gerenciamento de recursos, permitindo a alocação de recursos humanos, materiais e financeiros. Assim, facilita a organização da carga de trabalho e evita sobrecargas (Siqueira, 2019).

Objetivos: Destacar a importância do planejamento e controle na gestão de obras, com foco nas ferramentas e metodologias que podem contribuir para a otimização de resultados e a entrega de projetos dentro dos padrões de qualidade exigidos.

Relevância do Estudo: A relevância desse trabalho está na conscientização da importância de todas as etapas de obra com um ótimo planejamento têm como tendência atingir o seu objetivo, entrega no prazo, sem estouro de custo, e com qualidade na entrega.

Materiais e métodos: Foram pesquisados artigos científicos e livros relacionados ao processo de gestão de obras, utilizando-se a base de dados on-line, livros, Google Acadêmicos. A pesquisa foi limitada aos artigos publicados em língua portuguesa e inglesa, utilizando o intervalo de tempo de artigos publicados dos anos 1997 a 2024. Foram coletadas publicações científicas, e também uma pesquisa em campo, sobre controle de planejamento dando ênfase na utilização ferramentas e otimização de processo, metodologias tradicionais, e novas tecnologia que vêm sendo desenvolvidas para melhor gestão de obras. Para que o uso de ferramentas de gestão de obra como MS Project, Primavera, BIM, *Lean Construction*, *Scrum*, *Kanban* e *KPIs* realmente transforme a construção civil, é crucial superar barreiras significativas, como a qualificação da mão de obra e a integração dessas tecnologias. Investir em programas de capacitação contínua é essencial para preparar os profissionais técnicos e de campo para o uso eficaz dessas novas ferramentas. Cursos de curta duração sobre softwares e workshops sobre metodologias ágeis podem ser fundamentais nesse processo. Além disso, a introdução gradual dessas ferramentas, com suporte técnico especializado, pode ajudar a reduzir a resistência à mudança e facilitar sua adoção. Começar com soluções mais simples, como Kanban e KPIs, e avançar para ferramentas mais complexas, como BIM e Primavera, à medida que a equipe ganha confiança, permitirá uma transição mais suave e eficaz. Com essas estratégias, é possível garantir que as inovações no setor da construção civil sejam plenamente aproveitadas, resultando em maior eficiência e controle nos projetos.

Resultados e discussões: A adoção de ferramentas de gestão na construção civil tem se tornado crucial para a otimização dos processos de planejamento, execução e controle de obras. Ferramentas como MS Project, Primavera, CPM, BIM, *Lean Construction*, *Scrum*, *Kanban* e *KPIs* desempenham papéis importantes na melhoria da eficiência e no sucesso dos projetos. No entanto, a implementação dessas ferramentas enfrenta desafios, especialmente em relação à qualificação da mão de obra técnica e de campo. A mão de obra técnica enfrenta desafios significativos, enquanto a mão de obra de campo lida com uma baixa familiaridade em metodologias ágeis, investir em treinamento é fundamental para superar esses desafios e aumentar a produtividade nas operações.

Conclusão: Para que o uso de ferramentas de gestão de obra como MS Project, Primavera, BIM, *Lean Construction*, *Scrum*, *Kanban* e *KPIs* realmente transforme a construção civil, é crucial superar barreiras significativas, como a qualificação da mão de obra e a integração dessas tecnologias. Investir em programas de capacitação contínua é essencial para preparar os profissionais técnicos e de campo para o uso eficaz dessas novas ferramentas. Cursos de curta duração sobre softwares e workshops sobre metodologias ágeis podem ser fundamentais nesse processo. Começar com soluções mais simples, como Kanban e KPIs, e avançar para ferramentas mais complexas, como BIM e Primavera, à medida que a equipe ganha confiança, permitirá uma transição mais suave e eficaz. Com essas estratégias, é possível garantir que as inovações no setor da construção civil sejam plenamente aproveitadas, resultando em maior eficiência e controle nos projetos.

Referências

- CLEMENTE, P, **Emerging Technologies in Construction Management**. McGraw-Hill Education, 2023.
- DE SIQUEIRA, PATRICIA BARROS LIMA. **Requisitos de um sistema de informação para gestão de múltiplos projetos**, Universidade Federal de Pernambuco, 31 jan. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/2354>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- FORMOSO, T. C. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- PIRES, Daniel Lage. **Aplicação de técnicas de controle e planejamento em edificações: estudo de caso**. Belo Horizonte: 2014.
- PRADO, Darci; MARQUES, Marcus. (2017). **Usando o MS-Project 2016 em Gerenciamento de Projetos**. Falconi Editora, 2017. 392 p.

APLICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO NA REABILITAÇÃO DE VIADUTOS: MÉTODOS DE ENSAIOS E ADEQUAÇÃO DE PATOLOGIA ESTRUTURAL

Bruno Anderson Anselmo¹; Yasmin Cristiny Ferreira Santos²; William Conte³;

¹Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –
bruno.anselmo01@hotmail.com;

²Aluna de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –
yasmin.cristiny12@hotmail.com;

³Professor do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB
williamconte.eng@gmail.com.

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Viaduto; Patologias; Fissura; Concreto; Estudo de caso.

Introdução: Pontes e viadutos, também conhecidos como obras-de-arte especiais (OAE), são componentes essenciais de vários sistemas viários. Eles podem ser construídos com uma variedade de materiais, como concreto armado, concreto protendido, madeira ou aço. No entanto, nenhum material é duradouro, o que significa que a engenharia de estruturas precisa desenvolver uma nova área de pesquisa que explore a durabilidade em relação aos fatores que a afetam. De maneira análoga, Curcio (2008) afirma que anos atrás as estruturas eram executadas com um elevado dimensionamento, gerando obras resistentes a certas patologias. A norma brasileira de vistoria de pontes e viadutos NBR 9452:2016 padroniza e facilita a identificação e avaliação do estado de conservação das obras de arte especiais (OAE), por meio de parâmetros de classificação do estado de conservação quanto à gravidade dos problemas observados. Dessa forma, as manutenções em pontes e viadutos são fundamentais para garantir a segurança, durabilidade e funcionalidade dessas estruturas ao longo dos anos. O artigo apresentará um estudo de caso do Viaduto João Simonetti, construído na década de 1970 na cidade de Bauru, São Paulo. Este Viaduto apresenta problemas patológicos provenientes de agentes mecânicos, químicos, físicos e biológicos.

Objetivos: Demonstrar o estudo para a recuperação estrutural do Viaduto com a utilização de FRP (fibras reforçadas com polímeros) de fibras de carbono. Além disso, são abordadas técnicas de ensaio, a fim de verificar a condição do concreto da estrutura.

Relevância do Estudo: O presente trabalho apresenta métodos de ensaio, a fim de verificar a condição do concreto, bem como adequação de fissura. O estudo foi dividido em duas partes: uma revisão bibliográfica para embasamento teórico e um estudo de caso. Na revisão bibliográfica foram buscadas informações sobre as características típicas de metodologia de ensaio, bem como de reparo de fissura. Já no estudo de caso foi analisado o Viaduto João Simonetti, localizado na Rua 13 de Maio, em Bauru, São Paulo, os quais foram verificadas diversas patologias e manifestações patológicas. Como consequências das irregularidades apresentadas na estrutura, verificou-se a necessidade de contratação de empresa especializada em mapear todas as irregularidades constatadas na estrutura, bem como seus métodos de adequação. No que diz respeito às patologias encontradas no viaduto, verificou-se que a adequação estrutural com FRP (fibras reforçadas com polímeros) de fibras de carbono pode se mostrar uma boa alternativa, visto que não irá gerar mais peso a estrutura, bem como este material apresenta um ótimo desempenho estrutural.

Materiais e métodos: objetivando a detecção, caracterização e registro de anomalias, foi realizada a inspeção técnica visual das estruturas e complementos do Viaduto João Simonetti. Tal inspeção contemplou a abertura de janelas para inspeção do interior dos caixões. Visando complementar as informações da inspeção visual, foram realizados ensaios no local e coletados corpos de prova e amostras para realização de ensaios em laboratório. Além

disso, foram realizadas investigações para verificação da espessura do pavimento asfáltico e da existência de vazios sob as lajes de transição.

Resultados e discussões: Segundo Medeiros (2001), a velocidade de carbonatação depende de fatores como temperatura, umidade relativa do ar, porosidade e fissuras no concreto, além do ambiente e teor de CO₂. A carbonatação reduz o pH do concreto, facilitando a corrosão das armaduras. Desta forma, o ensaio visa determinar a profundidade de carbonatação e o estado de passivação das armaduras, utilizando um indicador de pH. Foram analisados 56 pontos da estrutura, expondo a armadura e aplicando solução de fenolftaleína para indicar o pH. Concretos com carbonatação superior à camada de cobrimento da armadura são mais suscetíveis à corrosão. O concreto de cobrimento deve seguir a NBR 6118:2023 para proteger as armaduras. Após todos os ensaios realizados de acordo com a NBR 6118:2023 e a NBR 8802:2019, foi definido que para aplicação de fibra de carbono, a estrutura deve ser recuperada, removendo patologias, e garantindo boa aderência com primer e massa epoxídica antes da aplicação da fibra e do saturante.

Conclusão: de acordo com a NBR 6118:2023, as estruturas de concreto devem atender a requisitos mínimos de qualidade, incluindo segurança, desempenho e resistência a influências ambientais. Anomalias podem comprometer a segurança das estruturas, como observado no viaduto João Simonetti, onde a falta de manutenção, desgaste e danos agravaram a situação. Para resolver as trincas e fissuras, foi proposto o uso de FRP (fibras reforçadas com polímeros) de carbono, ideais para reforço estrutural, devido à sua capacidade de aumentar a capacidade de vigas e lajes, reduzir deformações e tratar fissuras. As vantagens do uso da fibra de carbono incluem fácil aplicação, alta resistência à tração, aderência ao substrato, resistência à corrosão e fadiga, leveza, adaptação a diversas geometrias, e rápido retorno ao funcionamento da estrutura após a instalação. Portanto, este material é considerado a opção mais viável para a recuperação do viaduto.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉNICAS. **NBR 8802:2019:** Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉNICAS. **NBR 9452:2016:** Inspeção de pontes, viadutos e passarelas - procedimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉNICAS. **NBR 6118:2023:** Projetos de estruturas de concreto”.

CURSIO, Ronald Cristhian de Lima. Pontes rodoviárias: Levantamento das principais patologias estruturais. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, Itatiba, 2008.

MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Estudo da carbonatação em concretos e argamassas – Revista engenharia. Ciencia Tecnologia, v. 4, n. 4, p. 3–12, 2001.

A UTILIZAÇÃO DO LIGHT STEEL FRAME COMO ALTERNATIVA EM HABITAÇÕES EMERGENCIAIS

Tiago Vinícius Alves¹; Josemairon Prado Pereira²

¹Aluno do curso de Engeharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –
tiago.alves_rp@gmail.com;

²Professor do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB
josemairon@gmail.com

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Habitações emergenciais, Light Steel Frame, Sustentabilidade, Industrialização da construção, Déficit habitacional, ONG TETO, Construção modular, Eficiência construtiva.

Introdução: O déficit habitacional no Brasil atinge milhões de pessoas em situação de vulnerabilidade social, especialmente em áreas afetadas por desastres naturais ou condições de extrema pobreza. A alvenaria convencional, embora predominante, apresenta desvantagens como o alto consumo de recursos naturais e longos prazos de execução. O Light Steel Frame (LSF) surge como uma alternativa inovadora, oferecendo rapidez, sustentabilidade e menor impacto ambiental. Este sistema construtivo é amplamente utilizado em países desenvolvidos devido à sua capacidade de otimizar recursos e reduzir custos operacionais. Dada a sua flexibilidade e industrialização, o LSF se apresenta como uma solução promissora para habitações emergenciais no Brasil, especialmente em comparação com os modelos simples utilizados por ONGs, como a TETO, que ainda dependem de materiais menos duráveis, como madeira compensada.

Objetivos: Avaliar a viabilidade do LSF como método construtivo para habitações emergenciais, comparando-o com as técnicas tradicionais usadas pela ONG TETO, e propor um projeto de residência unifamiliar que atenda às demandas de moradia básica de forma eficiente e acessível.

Relevância do Estudo: O trabalho aborda o déficit habitacional no Brasil, que afeta milhões de pessoas, e sugere o LSF como uma solução viável para fornecer habitações rápidas e duráveis, com menor impacto ambiental e custos reduzidos.

Materiais e métodos: A metodologia deste estudo inclui uma análise comparativa entre o sistema construtivo LSF e o método de construção adotado pela ONG TETO. Enquanto o LSF utiliza perfis de aço galvanizado, revestimentos em drywall e chapas cimentícias, o método da TETO se baseia predominantemente no uso de madeira compensada. A análise considera critérios como:

1. **Durabilidade**
2. **Rapidez**
3. **Custos**
4. **Sustentabilidade**

Para ilustrar essa comparação, foi desenvolvido um projeto modular offsite de 25m² utilizando LSF, composto por quarto, banheiro e sala-cozinha, visando oferecer uma solução habitacional rápida e eficaz.

Resultados e discussões: A pesquisa revelou que o LSF apresenta vantagens significativas sobre o método construtivo adotado pela ONG TETO, tanto em termos de durabilidade quanto de viabilidade econômica. O LSF, por ser um sistema industrializado, permite um controle de

qualidade mais rigoroso e uma redução substancial no desperdício de materiais, algo que não é possível com o uso de madeira em construções temporárias. A resistência dos perfis de aço galvanizado garante uma durabilidade muito superior, além de ser um material mais resistente a pragas como cupins e mofo, comuns em regiões de alta umidade. Outro ponto relevante é a possibilidade de escalabilidade do LSF. Como os componentes são pré-fabricados, o tempo de montagem é reduzido, permitindo uma maior produtividade em cenários emergenciais. Em contrapartida, a construção em madeira da TETO, apesar de rápida, não oferece a mesma durabilidade, o que resulta em gastos recorrentes com manutenção e substituição das estruturas. Por outro lado, o estudo também identificou desafios na adoção do LSF no Brasil, como a falta de mão de obra qualificada e a resistência cultural a novas tecnologias construtivas, especialmente em regiões mais carentes. A introdução do LSF em larga escala dependerá de investimentos em capacitação e na criação de políticas públicas que favoreçam seu uso em programas habitacionais sociais, como o "Minha Casa Minha Vida".

Conclusão: O LSF se apresenta como uma solução robusta para habitações emergenciais, proporcionando durabilidade, rapidez e menor impacto ambiental. A sua adoção em larga escala, no entanto, depende de investimentos em capacitação e incentivos governamentais para superar desafios técnicos e culturais. O estudo conclui que, com incentivos governamentais e o desenvolvimento de uma mão de obra qualificada, o LSF pode contribuir significativamente para a redução do déficit habitacional no Brasil.

Referências

- CRASTO, R.; SANTIAGO, D. **Sistema Construtivo Light Steel Framing: Vantagens e Desvantagens.** 2012. Disponível em: <https://monografias.brasilescola.uol.com.br>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- HOLANDA, D. K. S. L.; SILVA, J. C. V.; LEÃO, S. A. B. F.; SOUZA, A. V. L.; COSTA, A. K. R. **Light Steel Frame: Uma Revisão da Literatura.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 7, p. 149–156, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i7.10557>. Acesso em: 27 set. 2024.
- PEREIRA, J. P.; SOUSA, E. A. C.; GONÇALVES, G. M. B. **Variação das propriedades geométricas do perfil estrutural dobrado tipo “U” e influência no projeto da estrutura metálica.** Revista da Estrutura de Aço, v. 9, n. 3, p. 340-359, 2020.
- SENNE, D. J. **Abrigos temporários em desastres: a experiência de São José do Rio Preto, Brasil.** Revista Ambiente & Sociedade, v. 20, n. 3, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/kCZ7pJX9D5LPzx7nLXQPyPC/?lang=pt>. Acesso em: 27 set. 2024.
- SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Manual de construção em aço: steel framing: arquitetura.** 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2012. Disponível em: <https://www.engprime.com.br/steel-framing-arquitetura/> Acesso em: 21 set. 2024.

PATOLOGIA EM ESTRUTURA METÁLICA, UM ESTUDO DE CASO

André Cesar Colhaço¹; Rafael Carnaval Fernandes²; Willian Conte³;

¹Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – acolhaco@gmail.com;

²Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB Rafael.fernandes@gmail.com;

³Professora do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB

williamconte.eng@gmail.com

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Estrutura metálica, patologia, estudo de caso.

Introdução: A compreensão e o aprimoramento dos processos relacionados às patologias estruturais têm se tornado cada vez mais relevantes em diversas áreas do conhecimento. A literatura atual apresenta uma vasta gama de estudos sobre patologias em estruturas metálicas, abordando diferentes perspectivas e metodologias que oferecem dados valiosos sobre suas manifestações, propagação e as estratégias preventivas e corretivas necessárias para prolongar a vida útil dessas estruturas. No entanto, ao revisarmos os trabalhos existentes, percebemos uma lacuna significativa: embora a pesquisa sobre corrosão em estruturas metálicas seja extensa, há uma necessidade premente de investigar casos reais, especialmente no que tange à aplicação de métodos de adequação estrutural. Essa constatação ressalta a urgência de uma investigação mais aprofundada, que não apenas preencha essas lacunas, mas também contribua de maneira significativa para o avanço do conhecimento na área, promovendo soluções mais eficazes e inovadoras.

Objetivos: Este artigo tem como propósito ampliar as perspectivas sobre a corrosão estrutural, explorando suas causas em uma estrutura real, uma torre de comunicação em Itarema-CE, e propondo soluções eficazes para prevenção, detecção e tratamento das patologias existentes, além de abordar problemas decorrentes da falta de manutenção preventiva.

Relevância do Estudo: O presente trabalho explora as patologias que afetam as estruturas metálicas a durabilidade e vida útil. A pesquisa revela as principais patologias, com foco na corrosão, fadiga e deformações, destacando a importância de um monitoramento eficaz e de estratégias de manutenção proativas. Ao investigar as irregularidades que podem surgir nessas estruturas, fica evidente a necessidade de avaliações detalhadas por profissionais especializados, que possam identificar e propor soluções adequadas. Medidas como a aplicação de revestimentos protetores mostram-se promissoras para mitigar a corrosão, enquanto o monitoramento regular dos pontos críticos é essencial para prevenir a fadiga e as deformações. Este estudo evidencia a relevância de abordagens integradas na manutenção de estruturas metálicas, contribuindo para a segurança e durabilidade dessas construções.

Materiais e métodos: As patologias que afetam as estruturas metálicas, com ênfase na identificação e análise de suas causas e consequências. A pesquisa revela as principais patologias, como corrosão, fadiga e deformações, destacando a importância de um monitoramento eficaz e de estratégias de manutenção proativas (Fontana & Greene, 2010). No estudo de caso, foram investigadas as anomalias de uma estrutura metálica específica, evidenciando a necessidade de avaliações detalhadas por profissionais especializados, capazes de identificar e propor soluções adequadas. Entre as intervenções sugeridas, destaca-se o uso de materiais de proteção, como tintas e revestimentos, que podem ajudar a inibir os efeitos da corrosão (Ferreira & Santos, 2019). O acompanhamento contínuo das áreas mais suscetíveis a falhas é considerado fundamental para prevenir problemas relacionados à fadiga e deformações. Este estudo evidencia a relevância de abordagens

integradas na manutenção de estruturas metálicas, contribuindo para a segurança e durabilidade dessas construções.

Resultados e discussões: Analisando diversas patologias que podem afetar a integridade das estruturas metálicas, analisando suas causas e consequências. A corrosão é uma das preocupações mais frequentes, podendo levar à perda de material e comprometer a resistência das estruturas (Fontana & Greene, 2010). Em um estudo de caso específico, analisamos uma torre de telecomunicação que apresentava sinais significativos de corrosão. Observou-se que o ambiente em que a torre estava instalada, caracterizado por alta umidade e exposição a poluentes, acelerava o processo corrosivo. Isso destacou a necessidade urgente de adoção de medidas preventivas, como a aplicação de revestimentos protetores e a instalação de sistemas de drenagem, que poderiam ajudar a minimizar os efeitos da corrosão (Almeida, 2015). Outro aspecto importante são as deformações permanentes, que podem surgir por sobrecargas, erros de projeto ou variações de temperatura. Isso reforça a necessidade de um bom dimensionamento e de um monitoramento contínuo, especialmente em estruturas expostas a altas temperaturas, como as encontradas em ambientes industriais (Beasley, 2002). Por fim, as falhas nas juntas, frequentemente resultado de execução inadequada ou desgaste, foram identificadas como um ponto crítico. A escolha de métodos de ligação apropriados e a realização de inspeções regulares nas juntas são essenciais para garantir a segurança e a integridade das estruturas. Assim sendo esses problemas ressaltam a importância de um monitoramento eficaz e de estratégias de manutenção proativas para lidar com as patologias em estruturas metálicas.

Conclusão: Este estudo destacou a complexidade das patologias que afetam as estruturas metálicas, evidenciando a corrosão, deformações e falhas nas juntas como os principais desafios enfrentados. A análise aprofundada dos fatores contribuintes, como o ambiente e as condições operacionais, sublinha a importância de um monitoramento contínuo e de intervenções proativas. A implementação de revestimentos protetores se mostrou eficaz na mitigação da corrosão, enquanto a realização de inspeções regulares é crucial para a detecção precoce de fadiga e deformações. Além disso, o adequado dimensionamento e a escolha criteriosa de métodos de ligação são fundamentais para garantir a integridade estrutural. Em suma, este trabalho reforça a necessidade de uma abordagem integrada e multidisciplinar na manutenção de estruturas metálicas, visando não apenas a segurança, mas também a durabilidade e a eficiência das construções no longo prazo. Futuros estudos poderão expandir essas recomendações, incorporando novas tecnologias e práticas de manutenção, contribuindo assim para o avanço da engenharia estrutural.

Referências –

- B. T. H. M. F. de Almeida. Patologias em Estruturas Metálicas: Diagnóstico e Intervenção. **Jornal de Engenharia e Tecnologia**, 7(1), 23-35, 2015.
- C. L. R. Pereira & L. P. Ribeiro. Análise da Fadiga em Estruturas Metálicas. **Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia**, 10(3), 45-58, 2018.
- G. W. Beasley. **Structural Steel Design: A Practice-Oriented Approach**. Wiley, 2002.
- M. G. Fontana & R. W. Greene. **Corrosion Engineering**. McGraw-Hill, 2010.
- A. A. L. Ferreira & J. P. C. Santos. Revestimentos Protetores e Sistemas de Drenagem em Estruturas Metálicas. **Revista de Materiais e Engenharia**, 12(2), 100-112, 2019.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO E POLIPROPILENO QUANDO SUBMETIDOS A COMPRESSÃO

Ellen de Fátima Correia¹; Ricardo Dias Hilário²; Andrei Felipe Villa dos Santos³;

¹Aluna de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –
ellen.correia@alunos.fibbauru.br;

²Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – ricardodias0395@gmail.com;

³Professor do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –
andrei.santos@fibbauru.br.

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: CRFA, fibras de aço, polipropileno, fissuração, propriedades

Introdução: O concreto é um material compósito características de quase-fragilidade, com sua constituição baseada na combinação de cimento, agregados miúdos (areia) e agregados graúdos (brita). Sua estrutura é formada de maneira proporcional, visando otimizar as propriedades mecânicas e a durabilidade do material. Ademais, inclui aditivos químicos com o intuito de aprimorar ou modificar suas propriedades, adequando-se a diversas circunstâncias aplicacionais. Inerentemente, apresenta boa resistência à compressão em sua forma natural, entretanto quando submetido a tração (Modo I – abertura, conforme a Mecânica da Fratura), manifesta baixo desempenho. A combinação sinérgica com o aço promove uma melhoria substancial nas características do material, destacando-se a resistência à tração, culminando na formação do concreto armado (BITTENCOURT, 2018; GIMENEZ, 2023; SIQUEIRA, 2023; QIANGFENG, 2024). Ainda se destacam as fibras de aço no qual seu uso de forma adequada deve atender as prerrogativas das seguintes normativas: (i) ISO 9001 e ISO 14001; (ii) ASTM A820; (iii) EN14889-2 e ISO 13270 Classe A. Tais fibras se aplicam em diversos setores, incluindo túneis, pavimentação, tubos de esgoto, pré-moldados, entre outros (CARVALHO, 2018).

Objetivos: O objetivo principal é analisar o comportamento estrutural das combinações de diferentes fibras de aço e aditivo químico no concreto dos corpos de prova (CPs) sob tensões de compressão, a fim de avaliar a resistência última de cada um, comparando seus resultados, assim como o desempenho e o custo-benefício. Como objetivos secundários, se busca o aprimoramento teórico e prático, e o estudo do comportamento de componentes inovadores que estão sendo explorados atualmente para melhorar o desempenho do concreto de uma maneira cada vez mais sustentável.

Relevância do Estudo: O estudo se faz relevante para promover a aprimoração das propriedades do concreto, sendo um dos materiais mais utilizados na construção civil, podendo citar a análise custo benefício, bem como impacto em projetos de construção.

Materiais e métodos: Foram utilizados métodos qualitativos e quantitativos, nos quais em relação ao estudo experimental realizaram-se no total 15 corpos de prova, sendo montados em corpos cilíndricos, no concreto convencional, concreto reforçado com fibras de aço e concreto reforçado com fibras sintéticas, no traço como demonstrado abaixo, com slump requerido de 14cm ($\pm 2\text{cm}$) e fck requerido de 30 MPa. Acerca dos aditivos utilizados na mistura de todos os testes, foram adicionados o aditivo superplastificante e o polifuncional nas dosagens de 0,4% e 0,8% respectivamente sobre o peso do cimento.

Resultados e discussões: Durante a primeira semana, o concreto convencional apresentou uma ligeira vantagem em termos de resistência à compressão quando comparado aos demais

compósitos/testes. No entanto, aos 28 dias, os concretos reforçados com fibras demonstraram uma significativa eficiência sob compressão, com destaque para o último ensaio, no qual o concreto reforçado com fibra de aço, na dosagem de 400g, atingiu uma resistência de 48,76 MPa. Além de conferir maior resistência ao material, as fibras, quando incorporadas ao concreto, atuam como uma armadura tridimensional, evitando a separação completa das peças após a ruptura. No concreto convencional, os materiais constituintes, amplamente disponíveis no mercado a um custo relativamente baixo, resultam em uma produção mais econômica, sem incorrer em despesas adicionais significativas, tendo seu preço médio variando entre R\$ 300,00 a R\$ 400,00 por metro cúbico, dependendo da região, materiais utilizados e da classe de resistência. Por outro lado, o concreto reforçado com fibras apresenta um aumento substancial no custo total, devido à incorporação das fibras, as quais acarretam um incremento expressivo no valor por metro cúbico do concreto, o custo varia entre R\$ 400,00 a R\$ 600,00, dependendo da quantidade e do tipo de fibra utilizada. Quanto ao convencional, quando submetido a cargas normais e onde não tem exigências especiais de desempenho, pode ser suficiente para cumprir suas funções, porém ele é mais suscetível a fissuração e ao desgaste, principalmente quando há condições de tensão excessiva, vibrações ou tensões mecânicas contínuas.

Conclusão: Portanto, o concreto reforçado com fibras, apesar de ter um custo inicial elevado, oferece grandes vantagens em durabilidade, redução de fissuração e maior resistência, onde sua aplicação se torna mais vantajosa em obras de grande porte ou que demandam alto desempenho estrutural, entretanto, o benefício econômico se evidencia a longo prazo, principalmente em estruturas sujeitas a ambientes mais agressivos e solicitações mecânicas maiores, reduzindo custos de manutenção ou por permitir a utilização de seções estruturais mais delgadas.

Referências

- UTTIGNOL, T. E. T.; FERNANDES, J. F.; BITTENCOURT, T. N.; SOUZA, J. L. A. O. **Verificação de vigas de concreto armado reforçadas com fibras de aço no estado limite último.** Revista IBRACON, p. 5-6, 19 fev. 2024.
- CARVALHO, Leonardo Lima Costa et al. **Uso de Fibras de Aço para Execução do Concreto Armado**, 2018. Revista Boletim do Gerenciamento, p. 65-66. Acesso em 19 fev. 2024.
- GIMENES, Alana Helena Cara Siqueira; GUIMENES, Marcela Gimenes; MANZOLI, Osvaldo Luís Manzoli; RODRIGUES, Eduardo Alexandre. **Numerical simulation of punching shear failure in recycled aggregate concrete slabs with steel fiber reinforcement.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 16:e16310, 2023.
- GIMENES, Marcela; RODRIGUES, Eduardo A; BITENCOURT, Luís AG Jr; MANZOLI, Osvaldo L. **2d mesoscale modeling of compressive fracture in concrete using a mesh fragmentation technique.** International Journal of Solids and Structures, 260:112031, 2023.
- XIAO, Qianfeng; JU, Guanghong; YE, Fei; WANG, Yang; JIN, Leilei; FU, Wenxi. **An innovative approach for assessing the tensile strength of concrete: Experimental and numerical investigations.** Construction and Building Materials, 417:135249, 2024.

ESTUDO DO EFEITO DA CARBONATAÇÃO NOS PILARES DO VIADUTO JOÃO SIMONETTI, BAURU - SP.

Samara Elise Esposito Rosa¹; Leandro Amorim De Alexandre²; William Conte³;

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Bauru

² Discente do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Bauru

³ Docente do Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Bauru

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Corrosão, Patologia, Carbonatação, Controle, Alcalinidade, Construções

Introdução: O estudo das patologias das construções, embora recente, tem se intensificado, especialmente em relação às corrosões das armaduras em estruturas de concreto armado, que afetam sua durabilidade. A corrosão ocorre quando o concreto não é adequadamente protegido, permitindo que agentes agressivos, como o dióxido de carbono e cloretos, danifiquem as armaduras. Fatores como fissuras, alta relação água/cimento e umidade elevada aceleram a carbonatação do concreto, que é uma patologia comum e prejudicial. Este estudo se concentra no impacto da carbonatação nos pilares do Viaduto João Simonetti em Bauru, São Paulo, uma estrutura vital que conecta diferentes áreas da cidade.

Objetivos: Analisar o impacto da carbonatação nos pilares do Viaduto João Simonetti, em Bauru, São Paulo, com foco nas patologias que afetam as armaduras de aço, bem como, avaliar a extensão da carbonatação, identificar as condições que favorecem esse processo, como fissuras, relação água/cimento. Além disso, contribuir para a durabilidade e segurança das construções urbanas, promovendo a qualidade de vida e a sustentabilidade nas cidades.

Relevância do Estudo: O estudo do Viaduto João Simonetti é particularmente relevante, considerando sua função crucial na mobilidade urbana de Bauru. A análise das patologias presentes nesse viaduto não apenas contribuirá para a compreensão dos efeitos da carbonatação, mas também pode fornecer subsídios para a implementação de estratégias de manutenção e recuperação que assegurem a durabilidade e segurança da estrutura. Assim, este estudo tem implicações práticas e teóricas, podendo influenciar projetos futuros e a gestão de infraestruturas existentes, além de destacar a necessidade de abordagens mais rigorosas na construção e manutenção de obras em concreto armado.

Materiais e métodos: O presente estudo foi conduzido com uma abordagem metodológica rigorosa, seguindo normas e padrões reconhecidos na área da Engenharia Civil. A primeira etapa consistiu na Metodologia de Inspeção, que foi realizada em conformidade com a NBR 9452:2019, que estabelece diretrizes para a inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Essa abordagem garantiu uma avaliação abrangente dos componentes estruturais do Viaduto João Simonetti, incluindo elementos de apoio, lajes de transição e dispositivos de segurança, assegurando que todos os aspectos relevantes da obra fossem considerados.

Em seguida, focou-se na Determinação da Profundidade de Carbonatação. Esse ensaio é essencial para medir a penetração do dióxido de carbono (CO₂) na superfície do concreto, um processo que resulta na redução do pH e, consequentemente, na despassivação das armaduras. Conforme a NBR 6118:2023, o cobrimento das armaduras deve variar entre 25 mm e 50 mm, dependendo da agressividade do ambiente em que a estrutura está inserida. A velocidade de carbonatação é influenciada por fatores como temperatura, umidade e porosidade do concreto, todos cruciais para a análise da durabilidade da estrutura. Na sequência, foram realizados os Procedimentos de Inspecção. Para a avaliação, cinco dos 16 pilares do viaduto foram selecionados para uma análise detalhada. Foram realizados fraturamentos nas faces dos pilares para expor a superfície de cobrimento da armadura. Após essa abertura, a superfície foi cuidadosamente limpa com um pincel para remover qualquer partícula solta. A aplicação de uma solução de fenolfita línea permitiu a identificação visual da carbonatação. Este indicador químico é incolor em pH inferior a 8,3 e adquire coloração vermelha em pH superior, permitindo a verificação se a profundidade de carbonatação excede a camada de proteção do cobrimento. Finalmente, a classificação do ambiente onde o viaduto está situado

foi determinada como classe II, indicando um nível moderado de agressividade. Essa classificação orienta as especificações de espessura e qualidade do cobrimento, fundamentais para a durabilidade e segurança da estrutura ao longo do tempo.

Resultados e discussões: O Viaduto João Simonetti, localizado no centro de Bauru, São Paulo, está sendo afetado por intempéries urbanas, resultando em deterioração devido a ações mecânicas, físicas e químicas. Este estudo foca na deterioração do concreto armado pela carbonatação, um processo em que o gás carbônico penetra nos poros do concreto, reduzindo seu pH e tornando a estrutura sofria corrosão nas armaduras. A verificação do comprometimento das armaduras só é possível após o deslocamento do cobrimento. Classificado como "CAA II – Moderada" em termos de agressividade ambiental, o viaduto deve ter um cobrimento mínimo de 30 mm para seus pilares, conforme a NBR 6118:2023.

A análise revelou que três pilares têm espessura de cobrimento acima do mínimo: PA1 (53 mm), P1 (42 mm) e P3 (59 mm). No entanto, o pilar PIA (24 mm) e o pilar PA1 (13 mm) apresentam valores inferiores ao estabelecido em norma. Em relação à espessura de carbonatação, o pilar PA1 (face bairro) apresenta 14 mm, enquanto o P1 tem 19 mm. O pilar P3 está próximo ao seu cobrimento, com 44 mm em comparação a 59 mm. O pilar P1A (face direita) tem 73 mm de carbonatação, ultrapassando os 13 mm de cobrimento, e o PIA (face esquerda) tem 40 mm de carbonatação contra 24 mm de cobrimento. Desta forma, estas informações destacam a necessidade de monitoramento e manutenção para garantir a durabilidade do viaduto.

Conclusão: A carbonatação do concreto é influenciada por diversos fatores, incluindo a qualidade do material, a presença de fissuras, a relação água/cimento e as condições ambientais. No caso do Viaduto João Simonetti, a análise da profundidade da carbonatação e a condição das armaduras são essenciais para determinar a passivação da estrutura e avaliar os danos causados pela corrosão. Medidas preventivas e corretivas, como reparos e manutenção regular, são cruciais para mitigar os efeitos da carbonatação, garantindo a segurança e a durabilidade da estrutura. A NBR 6118 oferece diretrizes para o cobrimento adequado do concreto, e a análise indicou que alguns pilares têm espessuras superiores ao recomendado, o que é um sinal positivo para a durabilidade. No entanto, pilares os pilares P1A e PIA apresentaram cobrimento inferior, que sugere que estes pilares possam estar sofrendo processo corrosivo, o que compromete sua vida útil. O ensaio de carbonatação, que envolve a fratura superficial do concreto e a aplicação de fenolftaleína, é uma técnica semidestrutiva. Os resultados mostraram que alguns pilares estão protegidos, enquanto os pilares P1A e PIA estão despassivados, com risco de corrosão. Em resumo, a profundidade de carbonatação é um indicador crítico da condição do concreto e da proteção das armaduras, conforme indica a frase: "A avaliação da carbonatação do concreto é essencial para entender a durabilidade das estruturas e prevenir a corrosão das armaduras" (Ribeiro, 2021). A adoção de normas e práticas adequadas é fundamental para prevenir a corrosão e garantir a durabilidade das estruturas, sendo essencial realizar inspeções regulares e implementar estratégias preventivas para manter a qualidade das construções.

Referências

- SILVA, Valdirene. Ação da Carbonatação em Vigas de Concreto Armado em Serviço, Construídas em Escala Natural e Reduzida. 2007, Tese (Doutorado) Univ. de São Paulo, Disponível em: [Shttps://producaocientifica.eesc.usp.br/producao/2007DO_ValdireneMariaSilva.pdf](https://producaocientifica.eesc.usp.br/producao/2007DO_ValdireneMariaSilva.pdf), Acessado em: 08 jun. 2024.
- NBR 6118/2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 9452/2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento;
- NBR 7584/2012. Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio.

PROPOSTA DE DIMENSIONAMENTO PARA PAVIMENTO EM BAURU

Alice Melo¹ Caio Hasbeni² Prof. MS. William Conte³

¹Aluna de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB –

²Aluno de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB

³Professor do curso de Engenharia Civil – Faculdades Integradas de Bauru – FIB

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: Dimensionamento; Diretrizes Municipais; Especificações Técnicas; Pavimentação Flexível; Tráfego Veicular.

Introdução: A infraestrutura rodoviária é essencial para o desenvolvimento urbano e econômico, e em Bauru, São Paulo, a qualidade das vias pavimentadas é crucial para garantir segurança, conforto e eficiência no transporte. A cidade enfrenta desafios significativos com a deterioração de seus trechos urbanos, evidenciada por trincas, buracos e deformações, que são agravadas pelo aumento da frota de veículos, superando a capacidade das vias existentes (CNT, 2019). Com base na DNIT (2006), os pavimentos desempenham as seguintes funções: a) resistir aos esforços aplicados; b) transferir as tensões ao subleito, de acordo com sua capacidade de suporte; c) contribuir para um tráfego seguro, confortável e econômico. No Brasil, o método de dimensionamento para pavimentos flexíveis atualmente em uso é o método do DNER, introduzido pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza no final da década de 1950 e oficializado pelo DNER em 1961, com revisões em 1981. Esse método, fundamentado no trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume" de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin do USACE, utiliza o valor do CBR como base (BAPTISTA, 1978). O método do DNER é empírico, com base experimental em ensaios realizados nas pistas da AASHTO, nos Estados Unidos, e seu principal objetivo é proteger o subleito contra deformações plásticas excessivas (DNIT, 2006). O dimensionamento considera uma combinação de fatores de equivalência de carga, baseado no número de repetições de eixo-padrão de 80 kN (aproximadamente 8,00 toneladas força) durante o período de projeto (BALBO, 2007). Além disso, o método avalia o potencial de ruptura do solo por meio do Índice de Suporte (IS) e relaciona esse índice com o número N, visando proteger o subleito contra rupturas por cisalhamento. No entanto, não considera os efeitos de fadiga na estrutura do pavimento flexível (FRANCO, 2007). O problema central da pesquisa é identificar um método de dimensionamento de pavimentos adequado às condições específicas de Bauru, com o objetivo de otimizar a durabilidade e eficiência das vias, considerando as características locais e a demanda de tráfego.

Objetivos: Avaliar as condições atuais dos pavimentos e desenvolver uma proposta de dimensionamento que atenda às necessidades específicas de Bauru, em conformidade com o Decreto Nº 10.559, que estabelece diretrizes para o pavimento flexível. As dimensões das camadas e os materiais utilizados são determinados pela Prefeitura, podendo, em alguns casos, ser superdimensionados ou subdimensionados conforme a utilização das vias.

Relevância do Estudo: A justificativa para este estudo é a necessidade de uma abordagem adaptada ao contexto local, que pode resultar em melhorias na qualidade das estradas, redução de custos com manutenção e maior segurança para os usuários. A pesquisa é relevante para a administração municipal e profissionais da engenharia de pavimentos, oferecendo uma solução fundamentada para os problemas enfrentados na cidade.

Materiais e métodos: A metodologia adotada para o dimensionamento das espessuras das camadas de pavimento nas avenidas X, Y e Z baseia-se no método DER/DNIT, que considera o volume de tráfego e as características do solo. Inicialmente, os dados anuais de tráfego foram convertidos para veículos por dia e, em seguida, foi realizada uma projeção para um horizonte de 10 anos, o que é essencial para calcular a carga de tráfego acumulada ao longo do tempo e influenciar diretamente o dimensionamento das camadas. A espessura do

revestimento foi determinada com base na necessidade de suportar o volume de tráfego projetado, resultando em 10 cm para as avenidas X e Y e 5 cm para a avenida Z, devido ao seu menor volume de tráfego. Para a espessura da base, foi utilizado o CBR (California Bearing Ratio) do solo e o coeficiente da base, estabelecendo 8 cm para as avenidas X e Y e aumentando para 14 cm na avenida Z, que suporta uma carga maior. Quanto à espessura da sub-base, foi fixada em 21 cm para as avenidas X e Y, e ajustada para 18 cm na avenida Z, levando em consideração as condições de tráfego e o CBR do subleito. Após a definição das espessuras de cada camada, a espessura total foi calculada para garantir que o pavimento atenda aos requisitos de carga e durabilidade. Essa espessura total inclui o revestimento, a base e a sub-base, sendo ajustada para assegurar a facilidade de execução e a durabilidade, garantindo que o pavimento seja seguro e eficiente ao longo do tempo.

Resultados e discussões: Com base nos dados de tráfego, as espessuras das camadas de pavimento foram calculadas. Para as avenidas X e Y, a espessura do revestimento foi fixada em 10 cm, o que assegura a capacidade do pavimento de suportar o volume de tráfego projetado. Para a avenida Z, a espessura do revestimento foi reduzida para 5 cm, devido ao menor volume de tráfego. A espessura da base foi estabelecida em 8 cm para as avenidas X e Y, baseada no CBR de 20%, enquanto a avenida Z teve sua base projetada com uma espessura maior de 14 cm, para lidar com uma carga suportada mais elevada. A espessura da sub-base foi definida como 21 cm para as avenidas X e Y, considerando o CBR de 8% do subleito e a necessidade de suporte adicional, e foi ajustada para 18 cm na avenida Z, refletindo sua menor carga de tráfego. Os resultados detalhados das espessuras das camadas de pavimento, incluindo os cálculos de H20, demonstram que as avenidas X e Y foram projetadas com espessuras de revestimento e base de 10 cm e 8 cm, respectivamente, e uma sub-base de 21 cm, totalizando aproximadamente 49 cm. A avenida Z, com menor volume de tráfego, apresentou um revestimento de 5 cm, base de 14 cm e sub-base de 18 cm, totalizando 42 cm. Esses ajustes garantem a adequação do pavimento às condições de tráfego específicas, otimizando o custo e a execução do projeto, e asseguram que o pavimento será capaz de suportar as cargas projetadas, atendendo aos requisitos de durabilidade e segurança ao longo dos anos.

Conclusão: A abordagem proposta atende à necessidade de um método de dimensionamento que considere as condições locais e o crescimento urbano acelerado, alinhando-se às diretrizes do Decreto Nº 10.559, de 30 de Novembro de 2007. Isso contribui para a eficiência do transporte e a qualidade de vida na cidade. A implementação dessas recomendações pode resultar em pavimentos mais duráveis e menos suscetíveis a problemas de manutenção, impactando positivamente o desenvolvimento econômico e a segurança das vias urbanas. Além disso, a escolha por esses tipos de pavimentação pode resultar em economia e agilidade na execução e manutenção das vias, aprimorando ainda mais a eficiência do sistema viário e contribuindo para um desenvolvimento urbano mais sustentável.

Referências –

- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 560 p.
- CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias.** Brasília: Confederação Nacional do Transporte. 2019.
- DNIT. **Manual de Pavimentação.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006.
- FRANCO, F. A. C. P. **Guia para utilização de Método Mecanístico-empírico Programas MeDiNa, AEMC e BackMedina – Manual de Utilização.** Rio de Janeiro: Convenio DNIT/COPPE, 2007. 70 p.
- TURNBULL, W.J., FOSTER, C.R., & AHLVIN, R.G. (1962). Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume. U.S. Army Corps of Engineers.

ANÁLISE DA RESILIÊNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Daniel Henrique Lopes¹; Lucas Germano de Carvalho Dias²; Alexandre Dias Martins³.

¹Aluno de Engenharia civil – Faculdades Integradas de Bauru – daniel.lopes@alunos.fibbauru.br

²Aluno de Engenharia civil – Faculdades Integradas de Bauru – lucas.dias@alunos.fibbauru.br

³Professor de Engenharia civil – Faculdades Integradas de Bauru – engdias@terra.com.br

Grupo de trabalho: Engenharia Civil

Palavras-chave: SWMM, impactos, tubulações, sustentabilidade e ciclo hidrológico.

Introdução: Eventos extremos destrutivos, como inundações urbanas em todo o mundo, ganharam destaque nas agendas de políticas públicas nos últimos anos e despertaram o interesse de especialistas, tomadores de decisão e público em geral, afim de entender e explicar tais eventos extremos do ponto de vista climático (Tabari et al., 2020), assim nas últimas décadas, as enchentes urbanas tornaram-se mais comuns globalmente devido às mudanças climáticas e à rápida urbanização (Lian et al., 2017). Os modelos climáticos projetam consistentemente que a frequência, a gravidade e a duração desses extremos aumentarão acentuadamente ao longo deste século devido às mudanças climáticas. Há uma necessidade premente de avançar na compreensão fundamental de como as estratégias de adaptação ao clima oferecem benefícios hidroclimáticos para as cidades sob mudanças climáticas, juntamente com o desenvolvimento urbano. Em estudos anteriores, diversos modelos foram desenvolvidos para simular processos hidrológicos durante eventos de tempestade (Farina et al., 2023). O software SWMM (Modelo de Gestão de Águas Pluviais) desenvolvido pela US EPA (*Environmental Protection Agency*) é amplamente utilizado na simulação de processos urbanos de chuva-escoamento devido à sua simplicidade de operação, acesso aberto ao código-fonte e eficiência computacional (Babaei et al., 2018).

Objetivos: O objetivo geral deste trabalho é analisar a resiliência do sistema de drenagem atuais frente às mudanças climáticas futuras e apontar possíveis soluções preventivas que possam ser adotadas com base no estudo feito.

Relevância do Estudo: Analisar a resiliência do sistema de drenagem de um bairro com interesse social, coletando todas as informações necessárias para serem aplicadas no software SWMM, analisar a resiliência e apresentar soluções preventivas, para evitar futuras sobrecargas das redes de drenagem no caso dessas não suportem as possíveis mudanças climáticas.

Materiais e métodos: Realizar um estudo de caso no município de Bauru-SP (coordenadas geográficas 22°18'54" de latitude sul e 49°03'39" de longitude oeste), tendo como base tubulação de drenagem situada em um bairro formado por residências de interesse social, possuindo infraestrutura urbana completa possibilitando o desenvolvimento desse estudo detalhado através do SWMM. A infraestrutura local é composta por guias, sarjetas, bocas de lobo, caixas de águas pluviais, poços de visita, asfalto, rede de água e de esgoto, e pôr fim a rede de drenagem completa, sendo assim todo o gerenciamento tradicional de inundações urbanas depende desses sistemas de drenagem projetados e implantados a época da construção, como canais e tubulações (Rosenzweig et al., 2018), o que diretamente influencia na resiliência do sistema de drenagem urbano. Após os dados da rede de drenagem serem lançados no software SWMM (Modelo de Gestão de Águas Pluviais) desenvolvido pela US EPA (*Environmental Protection Agency*), foi realizadas simulações para análise do comportamento desse sistema de drenagem, verificado a eficiência dessa rede de tubulação existente, com relação as chuvas de projeto atuais e para as futuras chuvas com as mudanças

climáticas (*software* CHT-EPA) nos anos de 2033 e 2060, podendo analisar a verdadeira resiliência desses equipamentos urbanos frente as possíveis mudanças climáticas.

Resultados e discussões: A análise dos dados de precipitação e drenagem indica um cenário preocupante para os próximos anos. Em 2024, o sistema de drenagem absorveu adequadamente as chuvas, porém operando próximo do seu limite. No entanto, as projeções para 2035 e 2060 revelam que a capacidade será insuficiente, resultando em transbordamentos, especialmente em diversos poços de visitas. A comparação dos dados mostra que, apesar de um leve aumento na quantidade de água em 6 minutos de chuva, o sistema ainda conseguiu funcionar sem transbordos em 2024, em contrapartida as simulações para 2035 e 2060 indicam um colapso do sistema de drenagem. Nos anos analisados, observou-se que, mesmo com chuvas intensas, o esgotamento das tubulações começava apenas no minuto 12 após o início das chuvas, destacando a relação entre saturação e esgotamento. O nível de preenchimento das tubulações permaneceu quase constante, atingindo sua capacidade máxima em 2060, com transbordamentos em pontos críticos, comprometem a integridade do sistema e podem causar sérios problemas econômicos e sociais no local. Além disso, a análise indica que alguns trechos das tubulações já apresentava um nível crítico sem as mudanças climáticas, enquanto em 2035 e 2060, efetivamente haverá segundo as simulações os indesejáveis transbordamentos. Essa situação evidencia a necessidade urgente de intervenções para aumentar a capacidade e melhorar a infraestrutura de drenagem, visando evitar prováveis alagamentos e outros problemas associados. A manutenção e modernização dos sistemas são essenciais para garantir que ele atenda às necessidades futuras e evite falhas operacionais.

Conclusão: As mudanças climáticas em um futuro próximo afetaram a eficiência das redes de águas pluviais, como foi apontado nas simulações nos anos de 2035 e 2060 com o software SWMM, utilizando um estudo de caso realizado em bairro já existente em Bauru/SP. As redes de tubulações não suportaram o aumento das chuvas nos próximos anos, causando transbordamentos e alagamentos.

Referências –

BABAEI, S.; GHAZAVI, R.; ERFANIAN, M. Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 105, p. 3–11, 1 jun. 2018.

FARINA, A. et al. A simplified approach for the hydrological simulation of urban drainage systems with SWMM. **Journal of Hydrology**, v. 623, p. 129757, 1 ago. 2023.

LIAN, J. et al. Optimal management of the flooding risk caused by the joint occurrence of extreme rainfall and high tide level in a coastal city. **Natural Hazards**, v. 89, n. 1, p. 183–200, 1 out. 2017.

ROSENZWEIG, B. R. et al. Pluvial flood risk and opportunities for resilience. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 5, n. 6, p. e1302, 1 nov. 2018.

TABARI, H.; MOGHTADERI ASR, N.; WILLEMS, P. Developing a framework for attribution analysis of urban pluvial flooding to human-induced climate impacts. **Journal of Hydrology**, v. 598, 1 jul. 2021.