

ANÁLISE DOS CUSTOS E IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EM OBRAS RODOVIÁRIAS

FREITAS, Carlos H. O.¹

CHAVES, Lucas S.²

BRITO, Luis F. R.³

JUNIOR, Helio F.⁴

Universidade São Francisco

Lucas_chaves02@hotmail.com

¹Carlos Henrique de Oliveira Freitas, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba - SP;

²Lucas da Silva Chaves, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba - SP;

³Luis Fernando Ribeiro Brito, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Itatiba - SP;

⁴Orientador Professor Mestre Helio Françaço Junior, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP.

Resumo: A adoção do Building Information Modeling (BIM) ao setor da construção civil se mostra cada vez mais intensa, tornando-se parte essencial para o crescimento consistente do setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação). Com base nisso, o presente trabalho busca analisar a implementação dessa metodologia às obras rodoviárias, que como elementos de infraestrutura, são partes fundamentais para o desenvolvimento dos ambientes onde estão inseridas. Primeiramente foi estabelecida uma revisão destacando os conceitos de BIM, seus benefícios e dificuldades de implementação e sua aplicação em projetos de rodovias. Em seguida foi realizado um estudo com base na comparação de dois projetos relacionados a ampliação e ou duplicação de vias – o primeiro fundamentando-se na metodologia em ascensão e o segundo utilizando o método convencional – com o objetivo de observar as possíveis vantagens da abordagem BIM. Para tanto, foi empregado o uso do Power BI, que explicitou um aumento significativo nos custos dos projetos desenvolvidos em BIM e uma maior eficiência temporal dos mesmos, independentemente da complexidade. Vale ressaltar que a matéria de análise foi apenas o progresso dos projetos, não abordando as etapas construtivas, o que pode minimizar os efeitos da adoção BIM. Um ponto adicional de destaque, importante para o entendimento dos resultados, é a diferença de complexidade dos projetos; enquanto uma das rodovias analisadas está situada em uma região de difícil operação – serra – necessitando de estudos mais elaborados o outro encontra-se em um trecho urbano, sem muitos impedimentos.

Palavras-chave: Infraestrutura; Rodovias; Construção; Metodologia; Interoperabilidade

Introdução

A infraestrutura rodoviária desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico social de uma nação. A expansão e manutenção de estradas e rodovias desafiam constantemente engenheiros e construtores a atingirem padrões mais elevados de eficiência, segurança e sustentabilidade. Nesse contexto, a Metodologia de Modelagem de Informações de Construção, mais conhecida como BIM (Building Information Modeling), tem surgido como uma abordagem inovadora na indústria da construção. O BIM não apenas redefine a forma

como os projetos de infraestrutura são concebidos, construídos e operados, mas também oferece potencial para melhorar significativamente a gestão de projetos de obras rodoviárias.

Por definição, o BIM é uma metodologia que permite a criação e gestão de modelos virtuais em 3D de edifícios e infraestruturas. Esses modelos não são apenas representações gráficas, eles possuem informações detalhadas sobre todos os componentes do projeto, desde a fase de concepção até a operação e manutenção. Com essa abordagem, os profissionais da construção podem visualizar um projeto de forma mais abrangente, identificar conflitos, otimizar o planejamento e até mesmo simular o desempenho da infraestrutura rodoviária antes de sua construção real.

As obras rodoviárias são a espinha dorsal da mobilidade e do transporte, conectando pessoas e mercadorias de maneira eficaz e segura. No entanto, a indústria de construção rodoviária enfrenta desafios significativos, como a necessidade de cumprir prazos apertados, controlar custos, garantir a qualidade e minimizar impactos ambientais.

Ao longo deste artigo, abordaremos a conceituação do BIM e sua importância nas obras rodoviárias, bem como os benefícios e as dificuldades de sua implementação nesse contexto. Também exploraremos as perspectivas futuras dessa tecnologia em um cenário de construção de infraestrutura rodoviária em constante evolução. Este artigo também busca explorar a implementação do BIM em obras rodoviárias, reconhecendo o potencial de transformação que a metodologia oferece e a sua integral aplicação nas complexas tarefas de projeto e construção de rodovias. Examina-se o casamento entre uma infraestrutura vital e uma tecnologia transformadora, com foco nas oportunidades e desafios que essa união proporciona. Além disso, será apresentado um estudo que compara um projeto de obra rodoviária desenvolvido com a metodologia BIM e um projeto feito através do método convencional, a fim de demonstrar os benefícios e lições aprendidas com a adoção dessa metodologia.

Referencial Teórico

Conceito de BIM

O Building Information Modeling (BIM), traduzido como Modelagem de Informações para Construção, é uma abordagem revolucionária que tem redefinido a forma como projetos e construções são concebidos, gerenciados e executados na indústria da construção. Em seu núcleo, o BIM representa um avanço significativo em relação aos métodos de projeto tradicionais, que dependem de desenhos bidimensionais (2D) estáticos e informações dispersas.

“O BIM representa uma nova maneira de compilar informações tanto sobre processos quanto sobre produtos. Se a invenção dos desenhos técnicos de plantas, projeções, cortes e detalhes foi a primeira revolução nas informações da construção, o BIM é a segunda. A troca do desenho no papel pelo desenho no computador não foi uma mudança de paradigmas – o BIM, sim.” (Eastman et al., 2021, P. 364)

A essência do BIM é a criação e utilização de modelos digitais inteligentes de edificações ou infraestruturas. Esses modelos não são meramente representações visuais tridimensionais, eles incorporam dados e informações valiosas em todos os aspectos do projeto. Dentro de um modelo BIM, é possível encontrar detalhes precisos sobre geometria, especificações de materiais, custos estimados, prazos de execução, informações de sustentabilidade e manutenção, entre outros. Essa integração e volume de dados em um único ambiente dá vida ao conceito de "modelagem da informação."

Em termos práticos, o BIM permite que arquitetos, engenheiros, construtores, gerentes de projetos e outras partes interessadas trabalhem em conjunto de maneira mais eficaz. Para Eastman (2021, p.85) “A AECO é uma atividade colaborativa. Múltiplos participantes empregam múltiplas aplicações com sobreposições de requisitos de dados para dar suporte a várias tarefas de projeto, construção, operação e manutenção”. Eles compartilham um modelo central de dados, que proporciona a diminuição dos conflitos, comuns nos documentos de projeto tradicionais. Isso resulta em uma comunicação mais clara e melhoria na tomada de decisão. Além disso, o BIM é uma metodologia que abrange todo o ciclo de vida de uma edificação ou infraestrutura, característica essa exemplificada em suas múltiplas dimensões. Isso significa que não é apenas uma ferramenta de design, mas também uma ferramenta de gestão. Os modelos BIM continuam a ser úteis ao longo do tempo, fornecendo informações valiosas para a fase de construção, operação e manutenção, e até mesmo para a desativação e demolição da estrutura.

A evolução do BIM, que inclui a adição de informações temporais (BIM 4D), informações de custos (BIM 5D), sustentabilidade (BIM 6D) e manutenção (BIM 7D) ampliou ainda mais suas capacidades. Agora, os profissionais podem simular o desenvolvimento do projeto ao longo do tempo, levando em consideração a programação da construção, os custos associados e seus impactos ambientais. Isso permite uma análise mais abrangente e precisa das implicações de custo e tempo, o que é essencial para o sucesso de um projeto de construção.

“Os modelos BIM mais ambiciosos dizem-se "nD". Esta designação caracteriza o âmbito dimensional que vai além das clássicas três dimensões do espaço euclidiano. A quarta dimensão de um modelo BIM é o fator tempo. A capacidade de retratar o ciclo de vida da construção, estratificando o modelo por fases de execução da construção, permite uma visão única da evolução do edifício ao longo do tempo [...]. A quinta dimensão de um modelo BIM corresponde à associação de custos. A capacidade de atribuir valores aos elementos do edifício apoia e agiliza, em certa medida, os processos de orçamentação.” (Martins et al., 2011, p. 5)

O BIM representa uma transformação na forma como a indústria da construção opera, ao passar de documentos bidimensionais para modelos tridimensionais, dinâmicos e informativos. Sua capacidade de integrar informações e colaboração entre as partes interessadas leva a projetos mais eficientes, economia de tempo e recursos, bem como aprimoramento na qualidade das edificações. O conceito de BIM não é apenas uma mudança tecnológica, mas uma mudança de paradigma que está moldando o futuro da construção e da gestão.

Pilares do BIM

Os pilares do BIM são características indispensáveis quanto ao seu desenvolvimento, sem essas atribuições, toda a sua concepção é perdida. Esses princípios são responsáveis pela sustentação da metodologia e define como essa abordagem inovadora melhora a maneira como projetos e construções são concebidos, gerenciados e executados. A seguir, exploraremos alguns deles e como impactam positivamente o setor da construção:

- **Modelagem Tridimensional (3D):** No BIM, os projetos são representados por modelos 3D detalhados que incluem todos os componentes de uma construção, desde elementos arquitetônicos até estruturas. Essa modelagem tridimensional fornece uma representação virtual do projeto, possibilitando a visualização do empreendimento final com abundância de informações. Em relação ao modo

bidimensional de projetar, a modelagem tridimensional gerou bastante impacto, possibilitando uma nova ideia de projeto.

- **Centralização de Dados:** A centralização de dados no BIM envolve a criação de uma central onde todas as informações do projeto são armazenadas, apesar das constantes atualizações. Isso garante que todos os envolvidos tenham acesso às informações mais recentes, evitando versões desatualizadas e erros de comunicação.
- **Interoperabilidade:** A interoperabilidade no BIM é importante para a elaboração de alta qualidade dos projetos, pois possibilita o trabalho em conjunto de diferentes softwares e sistemas. Isso permite que arquitetos, engenheiros, empreiteiros e outras partes interessadas utilizem suas melhores ferramentas, ao mesmo tempo que compartilham informações de forma consistente. “A interoperabilidade é a habilidade de passar dados entre aplicações e de contribuir para que múltiplas aplicações atuem de forma conjunta no trabalho em questão” (Sacks et al., 2021, P.86). A interoperabilidade é alcançada por meio de padrões e formatos de arquivo abertos.
- **Gestão de Dados e Informações:** Além da modelagem 3D, o BIM abrange a gestão de dados e informações ao longo de todo o ciclo de vida do edifício. Isso inclui a documentação de todas as etapas, desde o projeto e construção até a operação e manutenção. Os dados são registrados e atualizados continuamente, fornecendo um histórico completo e informações valiosas para a tomada de decisões durante toda a vida útil do edifício.

Benefícios e dificuldades da implementação

A introdução do Building Information Modeling (BIM) é acompanhada por uma série de vantagens, ao mesmo tempo em que impõe desafios particulares. Abaixo, analisaremos de maneira abrangente os benefícios que decorrem da implementação do BIM em projetos, assim como as dificuldades que podem surgir ao longo desse processo.

Benefícios da Implementação do BIM:

- **Melhor Comunicação e Colaboração:** O BIM promove uma comunicação mais eficaz entre todas as partes interessadas em um projeto, incluindo arquitetos, engenheiros, construtores e proprietários. Isso leva a uma colaboração aprimorada e menos erros de interpretação.

“BIM também tem a finalidade de abrir caminho para uma comunicação mais fácil e completa entre os vários especialistas envolvidos em um projeto. Com este conceito, todos os envolvidos podem visualizar o modelo de diferentes perspectivas, acrescentar ou modificar informações a tempo real e diversas outras funções sem ter a necessidade de haver contato interpessoal entre profissionais.” (Cardoso et al., 2012)

- **Visualização 3D Avançada:** Permite a criação de modelos 3D detalhados, o que facilita a visualização de projetos, ajudando as equipes a entenderem melhor o escopo e a aparência final da construção.
- **Gestão de Dados Integrada:** Reúne informações de projeto em um único ambiente, permitindo a análise, simulação e tomada de decisões baseadas em dados. Isso resulta em um planejamento e design mais eficientes.

- **Melhor Controle de Custos:** Com informações detalhadas de custos e orçamento integradas no modelo BIM, é possível controlar os custos de forma mais precisa e evitar orçamento excedido.
- **Redução de Erros e Conflitos (Clash Detection):** Identificação de conflitos de projeto antes da construção, evitando retrabalho e economizando tempo e recursos.

“O novo padrão de elaboração de projetos tenta reduzir os custos de retrabalho através da redistribuição dos esforços. Tem-se um esforço inicial maior, porém diminui o alto índice de retrabalho e o custo das alterações nas fases finais.” (Carezzato; Enoque, 2014)

Dificuldades da Implementação do BIM:

- **Custos Iniciais:** A implementação do BIM requer investimento em software, hardware e treinamento, o que pode ser oneroso para algumas organizações.
- **Resistência à Mudança:** Muitos profissionais da construção estão acostumados a métodos tradicionais e podem resistir à transição para o BIM.

“Mas já existem iniciativas previstas, como é o caso de uma sequência de projetos pilotos definida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) em busca do aperfeiçoamento dos profissionais envolvidos no projeto para que dentro de alguns anos todos os processos em questão aconteçam a partir da modelagem da informação da construção de forma obrigatória.” (Silva, 2018)

- **Padronização e Interoperabilidade:** A falta de padronização na indústria BIM pode dificultar a colaboração entre diferentes softwares e equipes.
- **Requisitos de Hardware e Software:** Manter o hardware e software atualizados para atender às demandas do BIM pode ser desafiador.
- **Treinamento Contínuo:** A capacitação de profissionais para usar efetivamente o BIM requer investimento em treinamento contínuo.

Das dificuldades apresentadas, a que merece maior destaque é a necessidade de capacitação profissional que a nova metodologia requer, é exatamente nesse ponto que as maiores complicações aparecem. A falta de compreensão e habilidades adequadas resulta em obstáculos significativos durante a implementação do BIM, portanto, treinamentos contínuos são essenciais. “A questão pedagógica é como mudar a educação e o treinamento dos profissionais, pois, embora as responsabilidades permaneçam as mesmas, as ferramentas que eles devem utilizar são fundamentalmente diferentes.” (Eastman et al., 2021, P. 349).

A complexidade e amplitude do BIM demandam uma compreensão sólida de seus princípios e funcionalidades. Somente através desse entendimento, a aplicação se torna mais segura e eficaz, podendo romper dificuldades técnicas futuras. Sem a percepção de sua importância e capacidade, a implementação se torna arriscada, podendo estabelecer certa resistência quanto a adoção por parte de profissionais mais experientes no setor da construção.

Um marco significativo nesse cenário foi o Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020, que revisou e fortaleceu as diretrizes estabelecidas pelo Decreto nº 9.377/2018, que instituiu o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling (CE-BIM) no âmbito da Administração Pública Federal, consolidando a estrutura normativa para a implementação do BIM em projetos financiados com recursos da União. Com isso a utilização do BIM torna-se necessária, independentemente dos obstáculos apresentados.

A resistência à mudança é minimizada por pessoas devidamente capacitadas, que estão mais bem preparadas para enfrentar desafios conceituais e práticos que podem surgir durante a implementação do BIM. A capacitação não é apenas uma adaptação à nova forma de projetar, mas uma busca pelo pleno funcionamento da metodologia, resultando em ganhos significativos para a empresa fornecedora dos projetos e o cliente. Essa abordagem não apenas prepara os profissionais para o presente, mas também os posiciona como agentes de transformação na construção do futuro.

Assim, diante das dificuldades relacionadas à implementação do BIM, a capacitação profissional não é apenas uma solução, mas uma peça-chave para o sucesso e a sustentabilidade da adoção dessa metodologia inovadora na indústria da construção. Outro ponto a se destacar com relação a capacitação profissional é a necessidade de implementação da metodologia nos currículos universitários, para melhor adoção dos futuros profissionais e diminuição da resistência quanto às ferramentas inovadoras.

BIM em obras rodoviárias

Rodovias como infraestrutura

A infraestrutura é um componente essencial para o funcionamento eficaz de um país, afetando diretamente sua economia e o seu desenvolvimento social. Nesse contexto, as rodovias desempenham um papel estratégico. “A infraestrutura afeta quase todos os aspectos da nossa vida diária. [...] A sua viagem para a aula, seja a pé em uma calçada, [...], por transporte coletivo através de um ônibus ou metrô, ou em um veículo nas estradas, é possível por causa da infraestrutura.” (Penn, 2012, p.2)

As rodovias, como parte integrante da infraestrutura, são fundamentais para o desenvolvimento de uma nação por várias razões. Elas promovem a conectividade e a mobilidade, permitindo que pessoas e mercadorias se movam de forma eficiente entre diferentes regiões. Esse acesso facilita a vida cotidiana, conecta áreas urbanas e rurais e facilita o comércio, reduzindo os custos logísticos para as empresas. Isso torna os negócios mais competitivos, impulsiona a produção e cria empregos. Além disso, a construção e a manutenção das rodovias em si geram empregos em uma variedade de setores, desde a construção civil até a logística. Outro ponto a se destacar é que as rodovias possibilitam o acesso da população a serviços essenciais, como educação e saúde, impactando diretamente na qualidade de vida das pessoas.

Portanto, a infraestrutura mantém um papel importante para o desenvolvimento econômico, a coesão nacional e a qualidade de vida da população. Investir em infraestrutura de transporte terrestre é fundamental para promover o progresso e a prosperidade de um país, estimulando o crescimento econômico, a criação de empregos e o acesso a oportunidades para todos os cidadãos.

Obras rodoviárias e BIM

Partindo da premissa de que as rodovias são elementos fundamentais para o crescimento da sociedade, assegurar seu pleno funcionamento requer projetos bem elaborados e planos de manutenção eficazes. Nesse contexto, as obras rodoviárias devem ser cuidadosamente planejadas, pois fornecem a infraestrutura essencial para o desenvolvimento da sociedade.

Projetos rodoviários bem elaborados são aqueles que consideram não apenas a construção inicial da estrada, mas também seu ciclo de vida completo, incluindo a manutenção, reparos e eventual expansão. Isso implica a necessidade de considerar fatores como geografia, uso previsto, impacto ambiental, fluxo de tráfego, segurança e muito mais, portanto, projetos

desse nível requerem uma quantidade absurda de informações detalhadas e precisas. “Um grande problema encontrado em obras de grande dimensão é a perda de informações durante o fluxo de projeto. Obras desse porte exigem uma quantidade muito grande de informações para seu devido dimensionamento.” (Lima, 2018, p.36)

Diante desse desafio, várias organizações, principalmente no setor público, estão adotando a metodologia BIM para a concepção de seus projetos rodoviários. O BIM assegura uma abordagem eficiente, pois permite a modelagem virtual detalhada de todo o empreendimento, desde o design inicial até a manutenção contínua, além de possibilitar a centralização de informações básicas, vitais para o projeto. Isso não apenas ajuda a otimizar o planejamento, mas também a aprimorar a coordenação geral e o desempenho das etapas construtivas, resultando em rodovias mais seguras e eficazes para a sociedade como um todo.

Além disso, essa metodologia viabiliza a utilização de softwares avançados, promovendo maior dinamismo no processo e proporcionando a visualização precoce de possíveis interferências. Tais características impactam diretamente no custo final e na eficiência temporal da obra.

“A forma com que se exige projetos de rodovias no Brasil dificulta muito o processo de análise de interferências entre empreendimentos. A visualização 2D torna difícil e trabalhosa a verificação destes aspectos, sendo muitas vezes, esses serviços, deixados de lado pelos órgãos responsáveis.

Um modelo virtual parametrizado facilitaria muito a análise de incompatibilidades entre projetos, custos e verificações de regras. Diversos softwares BIM já permitem a verificação destas incompatibilidades de forma fácil e rápida.” (Lima, 2018, p.36)

Dessa forma, a aplicação do BIM na concepção de projetos rodoviários não só eleva o padrão de qualidade das rodovias, mas também contribui para o avanço geral da sociedade, garantindo a vitalidade e segurança das vias de transporte essenciais para o desenvolvimento e progresso.

Metodologia de Análise

A análise foi feita com base em dados previamente obtidos, relacionados principalmente com os custos dos projetos em BIM e com o tempo gasto para sua conclusão. Essa abordagem permitirá uma avaliação geral dos impactos da adoção da nova metodologia em obras de infraestrutura, como rodovias. Vale lembrar que não foram feitas análises relacionadas ao uso das novas ferramentas, mas do impacto final da adoção BIM em projetos dessa escala.

Atribuição de Valores Arbitrários

Para realizar a comparação entre os dois projetos, adotamos uma abordagem que preservasse a integridade e sigilo da empresa que cedeu os projetos para o estudo. Nesse sentido, atribuímos um valor arbitrário de R\$ 1,000,000.00 ao projeto de menor valor, enquanto o projeto mais complexo apresentou um custo de R\$ 7,885,781.49. Essa atribuição de valores arbitrários foi estratégica e não afeta o princípio de comparação entre os projetos.

Preservação do Princípio de Comparação

A atribuição de valores arbitrários aos projetos foi realizada de forma a manter a relação de custo entre eles proporcional e consistente. Ao designar o valor de R\$ 1,000,000.00 ao projeto de menor custo e R\$ 7,885,781.49 ao projeto mais complexo, estamos representando a diferença relativa de custo entre os projetos, preservando a escala e as proporções originais.

Essa abordagem permite que a comparação entre os projetos se concentre nas métricas, eficiência, e outros fatores de interesse, sem a necessidade de divulgar informações confidenciais sobre os custos reais. A comparação é, portanto, realizada com base na relação de custo entre os projetos, em vez de seus valores absolutos, mantendo a validade da análise.

Utilização do Custo por Quilômetro

Para avaliar a eficiência e a relação custo-benefício de cada projeto, optamos por utilizar o custo por quilômetro como a métrica principal de comparação. O custo por quilômetro é uma métrica amplamente aceita na indústria de construção civil para avaliar a relação entre o custo total de um projeto e sua extensão física.

Nesse contexto, o custo por quilômetro nos permite comparar os dois projetos de rodovia de maneira justa e equitativa, independentemente de suas escalas e complexidades específicas. Ao calcular essa métrica para ambos os projetos, podemos avaliar qual dos dois proporciona uma maior eficiência em termos de custos, levando em consideração os desafios e a complexidade inerentes a cada um.

Portanto, a escolha do custo por quilômetro como métrica de comparação permite uma análise objetiva e relevante, centrada na eficiência dos projetos, enquanto respeita a confidencialidade das informações financeiras da empresa que cedeu os projetos.

Software de análise

Importância da Escolha do Power BI

A escolha do Power BI foi fundamental para a análise comparativa dos projetos de rodovia, pois a ferramenta proporcionou a capacidade de consolidar e visualizar os dados de maneira eficaz. Isso permitiu que os dados fossem lidos e entendidos de forma clara e objetiva.

Ao utilizar o Power BI, é possível criar relatórios interativos e dashboards personalizados que destacaram os principais indicadores de desempenho e custo. Além disso, a capacidade de realizar análises em tempo real e explorar os dados de maneira dinâmica facilita a identificação de padrões, tendências e áreas de oportunidade nos projetos. No caso, é visível a diferença de custos entre os dois projetos.

Resultados e Discussão

Contexto do Projeto BIM e Complexidade da Rodovia

Neste artigo, buscamos analisar e comparar dois métodos de execução de um projeto rodoviário de grande envergadura, sendo um realizado com o auxílio da Modelagem da Informação da Construção (BIM) e o outro seguindo o método convencional. O projeto em questão envolve a expansão e aprimoramento de uma importante rodovia com características

peculiares que ilustram a sua complexidade. A seguir, apresentamos o contexto do projeto e suas principais características.

Características do Projeto BIM

O projeto de expansão da rodovia é de notável magnitude, apresentando as seguintes características marcantes:

- **Quatro Faixas por Sentido:** A rodovia em questão possui quatro faixas de tráfego em cada sentido, norte e sul, demonstrando a necessidade de ampliação para acomodar o tráfego crescente.
- **Aumento da Velocidade Máxima:** Atualmente, a velocidade máxima permitida na rodovia é de 80 km/h, representando um aumento significativo em relação aos 60 km/h que vigoravam anteriormente. Isso impõe requisitos adicionais de segurança e eficiência no projeto.
- **Rampas de Escape:** O projeto contempla a instalação de duas rampas de escape, elementos vitais para garantir a segurança dos motoristas em situações de emergência.
- **Viadutos e Desnível do Trecho:** O projeto engloba a construção de 24 viadutos, incluindo 23 novos viadutos e um retorno em desnível do tipo canhão. Além disso, a rodovia abrange um desnível de 380 metros em seu trecho, evidenciando a complexidade topográfica que o projeto enfrenta.
- **Contenções Diversas:** A infraestrutura também demanda a implementação de 35 estruturas de contenção, abrangendo técnicas como solo grampeado, muros de contenção à gravidade e solo reforçado. Essas medidas visam assegurar a estabilidade das encostas e a segurança dos usuários da rodovia.
- **Passarelas para Pedestres:** O projeto inclui a construção de três passarelas estrategicamente localizadas, proporcionando opções seguras de travessia para pedestres.

Cumprimento do Prazo Planejado

Uma das expectativas iniciais para este projeto rodoviário era a realização dentro de um prazo mais curto, uma vantagem que estava diretamente associada à adoção da metodologia BIM. A previsão era que, devido à capacidade do BIM de otimizar o processo de construção, coordenar eficazmente as partes envolvidas e antecipar problemas, o cronograma de projeto seria mais enxuto em comparação com uma abordagem convencional. Nesse contexto, a data de início do projeto em maio de 2022 e a conclusão programada para junho de 2023 foram planejadas e cumpridas sem outras revisões de cronograma, tendo em mente os ganhos de tempo que o BIM poderia proporcionar. O BIM permitiu um planejamento mais preciso, identificação precoce de conflitos, colaboração eficiente e tomada de decisões fundamentadas.

A previsão de conclusão do projeto em junho de 2023 representa a confiança na metodologia BIM como uma ferramenta eficaz para cumprir prazos desafiadores, mesmo em projetos de grande complexidade como este. A análise comparativa que conduziremos avaliará a capacidade do BIM de cumprir essa expectativa, considerando se o projeto está em andamento de acordo com o planejamento estabelecido e se a metodologia BIM demonstra ser a responsável pelos ganhos de tempo observados.

Contexto do Projeto Convencional e Complexidade da Rodovia

Seguindo para o projeto convencional, podemos dizer que o projeto em questão envolve a expansão e aprimoramento de uma importante rodovia para a economia do Brasil. O objetivo é contextualizar a complexidade do projeto convencional, realçando as diferenças fundamentais entre as duas abordagens comparadas ao projeto com BIM.

Características do Projeto Convencional

O projeto de expansão da rodovia no método convencional é notavelmente complexo por se tratar de uma das rodovias mais importantes e movimentadas do Brasil e apresenta as seguintes características distintivas:

- **Quatro Faixas por Sentido (Norte e Sul):** Esta configuração implica na concepção de uma infraestrutura viária de grande extensão, embora seja considerada uma prática comum em muitas rodovias convencionais.
- **Velocidade na Pista Expressa:** A definição de uma velocidade de 100 km/h na pista expressa é indicativa de um projeto de considerável magnitude, embora tal velocidade seja padrão em muitas rodovias.
- **Velocidade nas Vias Marginais:** A redução para 50 km/h nas vias marginais sugere a existência de áreas urbanas ou interseções, o que é uma característica comum em projetos rodoviários.
- **Quatro Alargamentos de Viadutos:** A necessidade de implementar alargamentos em viadutos denota a adaptação de infraestrutura preexistente, aumentando a complexidade em relação a projetos totalmente novos.
- **Onze Contenções:** O número substancial de contenções aponta para a necessidade de construir estruturas de retenção para lidar com variações de terreno, um aspecto inerente a muitos projetos rodoviários.
- **Quatro Passarelas:** A inclusão de passarelas revela uma atenção às questões de segurança dos pedestres, evidenciando a consideração da mobilidade multimodal e segurança viária.

Embora o projeto convencional possa não ser tão complexo quanto o projeto em BIM, este ainda envolve uma série de desafios e características significativas que exigem cuidadosa consideração. A próxima seção deste artigo abordará a comparação com o projeto em BIM, permitindo uma análise mais abrangente entre as duas metodologias e suas implicações na complexidade e eficácia do desenvolvimento de projetos de infraestrutura viária.

Análise Comparativa: BIM vs. Método Convencional

Eficiência Temporal: Um Projeto Convencional em Fases

Ao analisar o projeto de expansão da rodovia executado pelo método convencional, uma questão notável que surge é a eficiência temporal. Iniciado em janeiro de 2022, com uma data prevista de conclusão para dezembro de 2023, a execução do projeto não está alinhada com uma execução otimizada.

Até o momento presente, apenas um lote de 4 quilômetros do projeto teve seus projetos totalmente finalizados. Além disso, um lote adicional, que também abrange 4 quilômetros, ainda está em fase de execução, prolongando o prazo previsto. Essa discrepância entre o cronograma inicial e o progresso efetivo da obra levanta questões sobre a eficiência do método convencional em relação ao gerenciamento do tempo.

Revisões e Aditivos: Desafios na Gestão de Projetos Convencionais

Além do atraso significativo na execução, o projeto convencional passou por uma série de revisões de cronograma e aditivos de prazo e valor. Essas revisões e aditivos indicam desafios na gestão do projeto, bem como uma falta de previsão e planejamento eficazes.

A necessidade de realizar três revisões de cronograma e três aditivos sugere a ocorrência de imprevistos e obstáculos ao longo do caminho que impactaram a programação original.

Resultados

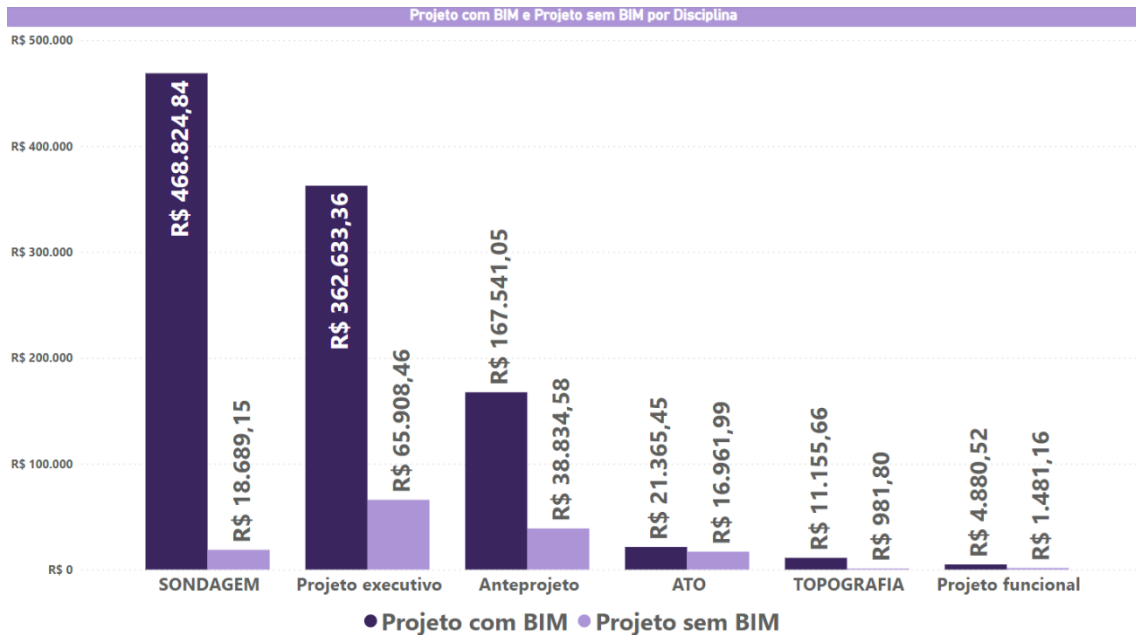


Figura 01 – Gráfico de Comparação entre custos das disciplinas. (Fonte: Autores, 2023)

Neste gráfico, representamos a diferença de custo entre um projeto realizado utilizando a abordagem BIM e um projeto convencional. O eixo X representa diferentes disciplinas envolvidas no processo, enquanto o eixo Y representa os custos associados a cada disciplina ou etapa de projeto. A maior diferença de custo é notada nas sondagens. Isso se deve ao nível de dificuldade em acessar o local para executar a mesma. Foram utilizados helicópteros para mobilizar os equipamentos de sondagem.

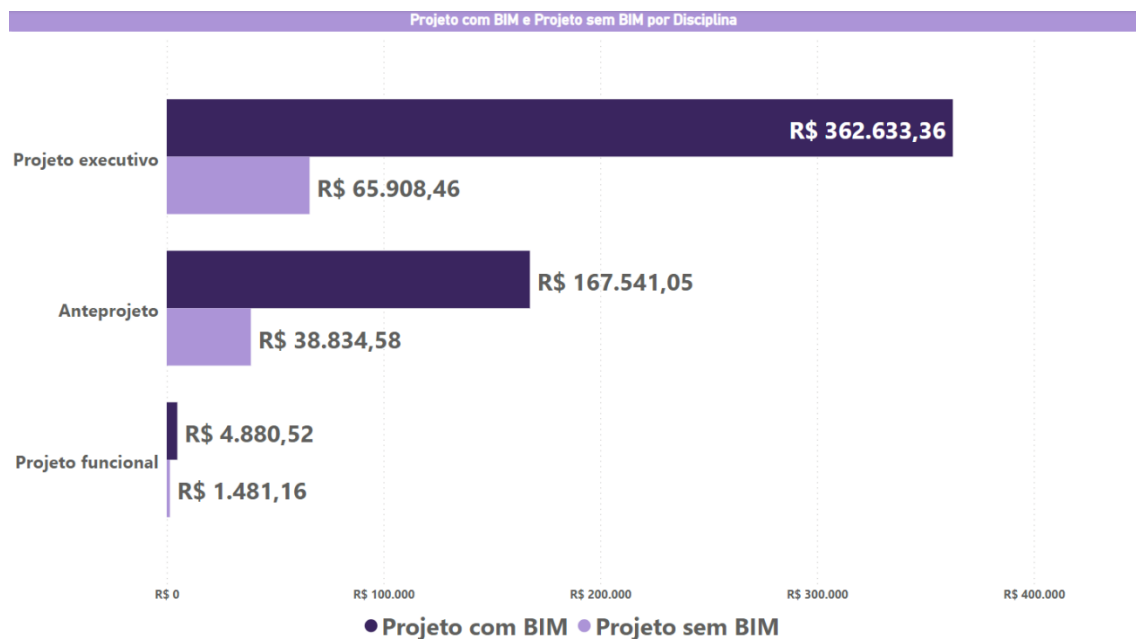


Figura 02 – Gráfico de Comparação entre custos dos tipos de projetos. (Fonte: Autores, 2023)

Já neste segundo gráfico, comparamos os custos nas diferentes etapas do projeto: funcional, anteprojeto e executivo. Cada etapa é representada no eixo Y, enquanto o eixo X reflete os custos associados a cada uma dessas fases. Embora as fases de anteprojeto e executivo demandem investimentos substanciais, esse custo extra está associado ao maior nível de detalhamento exigido nessas etapas específicas, o que pode resultar em vantagens consideráveis durante a execução do projeto. Da mesma maneira, a diferença entre as etapas de projeto em BIM e no modo convencional, se deve também a modelagem 3D, visto que no projeto em BIM, foram utilizados softwares mais sofisticados.

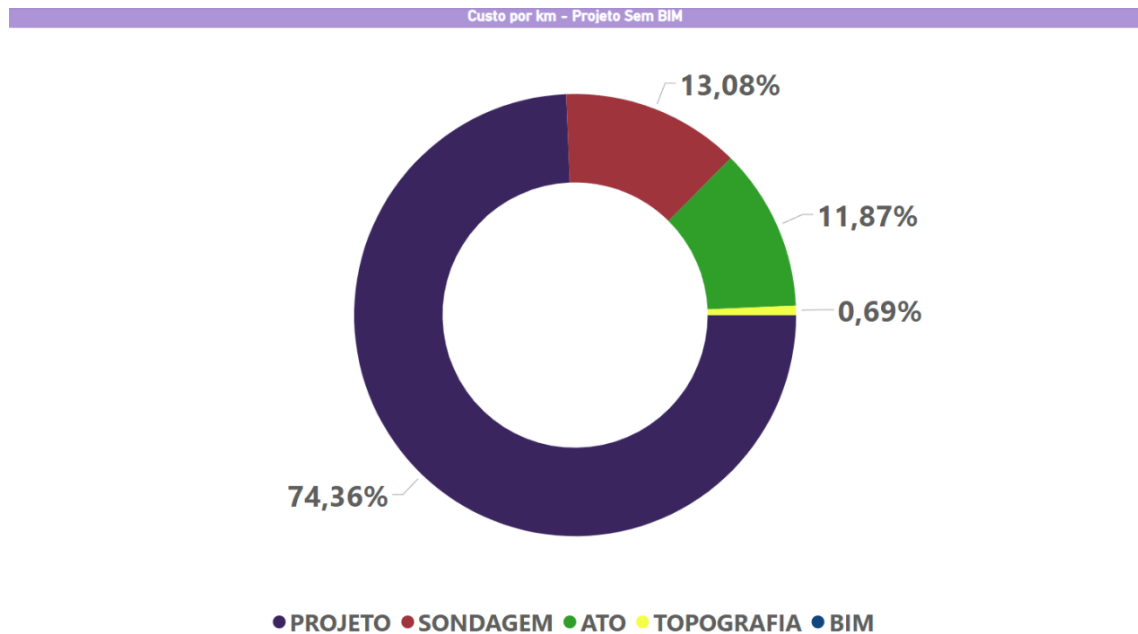


Figura 03 – Gráfico de Porcentagem de custos do Projeto sem BIM. (Fonte: Autores, 2023)

Quanto ao terceiro gráfico, apresentamos a distribuição percentual dos custos no projeto convencional, dividindo as diferentes disciplinas envolvidas. Cada fatia representa a proporção do custo total atribuída a uma disciplina específica. A fatia mais significativa corresponde à disciplina de projetos, que engloba anteprojeto, projeto funcional e projeto executivo, representando uma parcela expressiva de 74,36% do custo total. Isso pode ser resultado da natureza do projeto, que não exigiu uma sondagem mais complexa como no projeto em BIM, direcionando uma porcentagem significativa dos custos para o planejamento e desenvolvimento das especificações e desenhos, sem a necessidade de um modelo 3D como no outro projeto.

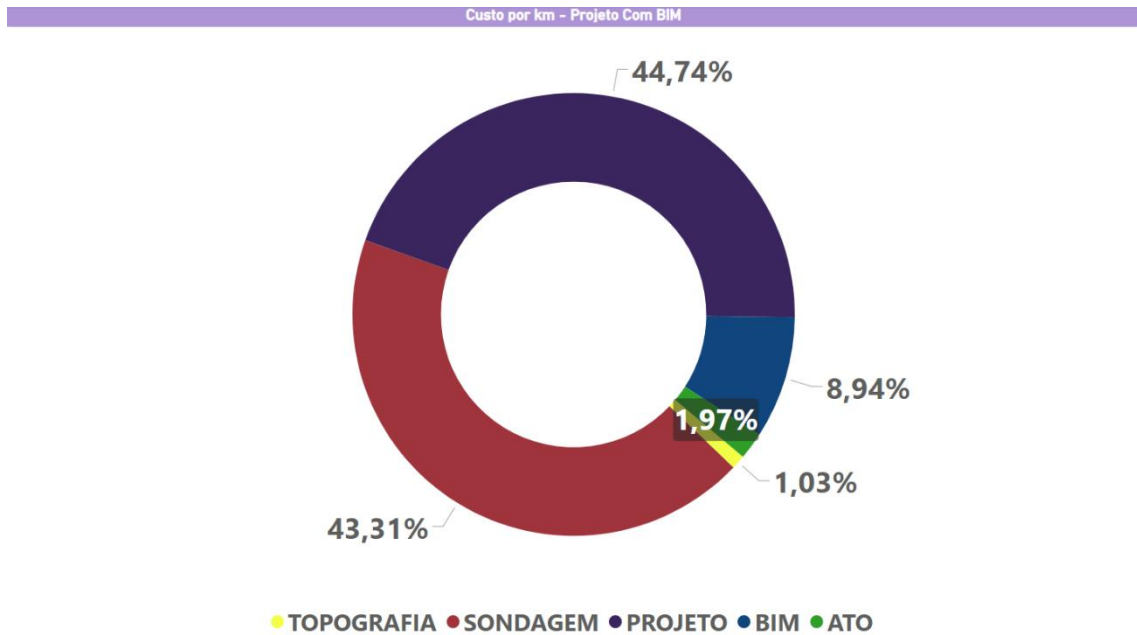


Figura 04 – Gráfico de Porcentagem de custos do Projeto com BIM. (Fonte: Autores, 2023)

No último gráfico de comparação de custos, apresentamos mais uma distribuição percentual, onde dentro do contexto do projeto BIM, as fatias mais substanciais correspondem à sondagem, representando 43,31% do custo total e projeto, representando 44,74%. Além disso, a fatia BIM, que reflete 8,94% dos custos totais, sendo importante destacar que, na prática, esse custo se encaixa no âmbito do projeto executivo, então na prática, seriam 53,68% do total apenas para projeto. De qualquer maneira, o que chama a atenção aqui é o fato de termos uma parcela tão significativa dos custos alocados para sondagem, isso se deve, novamente ao nível de complexidade do projeto.

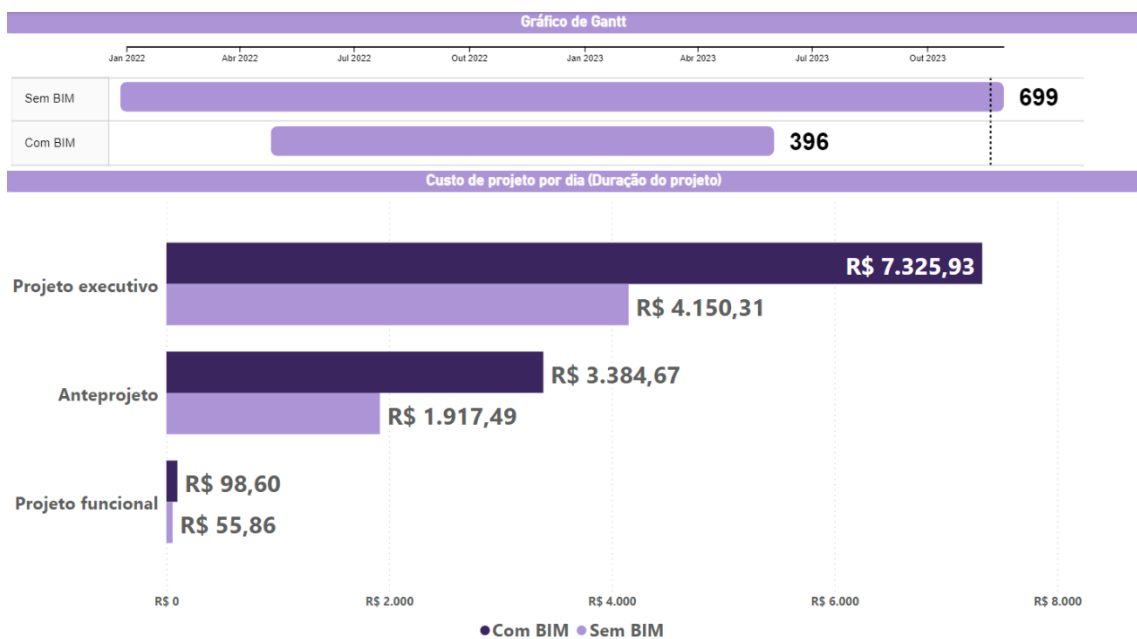


Figura 05 – Gráfico de Relação de prazos e custos. (Fonte: Autores, 2023)

No gráfico de Gantt apresentado temos duas linhas horizontais, cada uma representando um projeto. A linha inferior simboliza o projeto com BIM, enquanto a linha superior corresponde ao projeto convencional. Notamos que o projeto com BIM teve uma duração total de 396 dias, enquanto o projeto convencional, que começou antes, estendeu-se por 699 dias. Essa diferença de prazo evidencia a eficiência do projeto com BIM em termos de tempo de execução.

Embora tenha começado após o projeto convencional, sua conclusão mais rápida destaca a agilidade proporcionada pela metodologia BIM. O término antes do projeto convencional sugere uma gestão mais eficiente do tempo, evidenciando benefícios como a colaboração aprimorada, detecção precoce de conflitos e melhor planejamento proporcionados pelo BIM.

Junto ao gráfico de Gantt, criamos um comparativo de custo por dia de projeto, apenas para ilustrar quanto o prazo pode influenciar no custo do projeto.

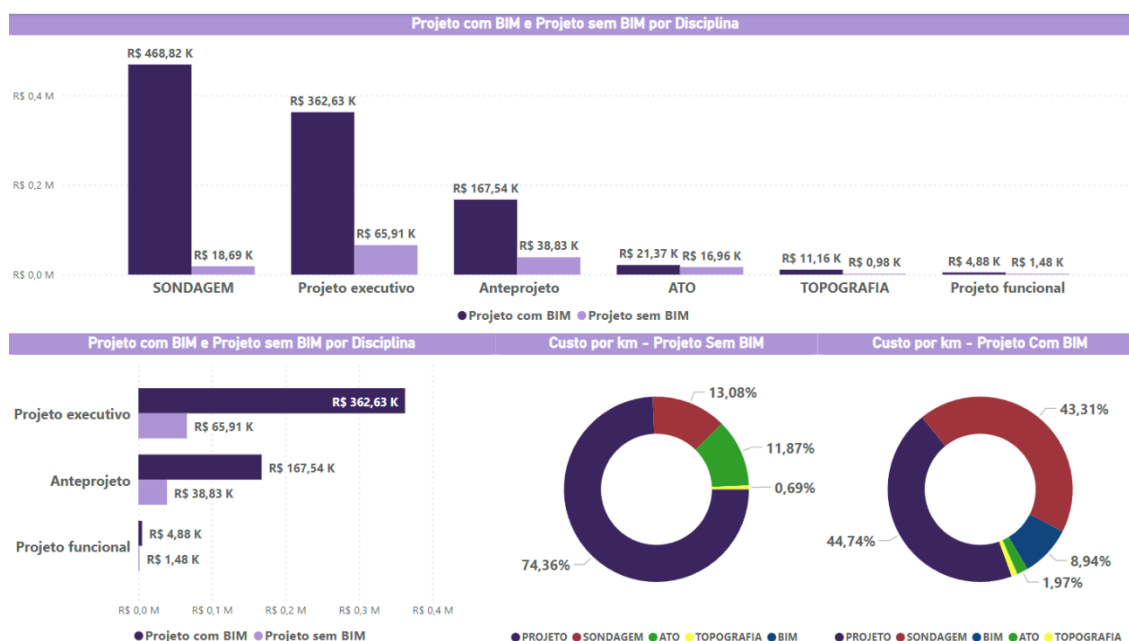


Figura 06 – Dashboard de comparação geral. (Fonte: Autores, 2023)

Este painel foi criado para facilitar a compreensão e análise dos dados essenciais do projeto. Além de utilizar o dashboard como comparativo final de resultados, podemos utilizá-lo durante o desenvolvimento dos projetos para acompanhar a evolução dos gastos e ou evolução do projeto em si.

Perspectivas futuras

A implementação do BIM está crescendo em todo o mundo, e as perspectivas futuras indicam uma maior adoção em países que ainda não adotaram amplamente a tecnologia. No Brasil, a exigência da plataforma BIM pelo Poder Público foi iniciada no ano de 2021, no qual integrou-se a uma estratégia nacional com o propósito de fomentar a utilização dessa tecnologia em todo o país, com a aplicação do decreto nº 9.377 em de maio de 2018 e instituindo o Comitê Gestor da Estratégia BIM BR - CG-BIM.

A proposta do Comitê Estratégico BIM é uma implementação gradual da exigência do uso do BIM nas aquisições do Poder Público. Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos prazos divididos em três etapas distintas:

- Em janeiro de 2021, estabeleceu-se o uso da plataforma BIM na elaboração de modelos abrangendo arquitetura e engenharia em disciplinas como estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica. Isso incluirá a detecção de conflitos, a extração de quantitativos e a geração de documentação gráfica;
- A partir de janeiro de 2024, os modelos deverão englobar etapas relacionadas à execução da obra, como planejamento, orçamentação e a atualização dos modelos para refletir o estado "como construído" (as built).
- A partir de janeiro de 2028, a exigência será estendida para abranger todo o ciclo de vida da obra, incluindo atividades relacionadas ao pós-obra. Isso será aplicado, no mínimo, em construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, especialmente aquelas consideradas de média ou grande relevância.

Isso impulsionará uma padronização nacional e aprimorará a colaboração em projetos de construção. Espera-se que mais governos e órgãos reguladores introduzam regulamentações relacionadas ao uso do BIM.

Além disso, a demanda por profissionais qualificados aumentará. Isso cria oportunidades para programas de educação e treinamento contínuo, capacitando profissionais com as habilidades necessárias. Em conjunto, a colaboração em tempo real e o compartilhamento de dados em um ambiente BIM possibilitará que todas as partes interessadas acessem informações atualizadas, promovendo uma comunicação mais eficaz e a resolução rápida de problemas.

O BIM será amplamente utilizado na gestão de ativos durante todo o ciclo de vida de uma construção, que permitirá uma manutenção mais eficiente e a gestão preditiva de ativos, prolongando a vida útil de edifícios e infraestruturas e reduzindo economias significativas de custos a longo prazo, à medida que a tecnologia ajuda a reduzir retrabalho, otimizar recursos e melhorar a gestão financeira.

Além de projetos rodoviários, o BIM será cada vez mais aplicado em outros projetos de infraestrutura como pontes, sistemas de transporte e redes de água e esgoto. Isso promoverá a eficiência na construção e manutenção de infraestrutura crítica, visando a qualidade de construção e a segurança no canteiro de obras que serão aprimoradas com a sua utilização.

Conclusão

Através da análise abrangente dos tópicos abordados em nosso artigo científico, podemos concluir que a implementação do Building Information Modeling (BIM) em projetos rodoviários se revelou uma ferramenta valiosa para melhorar o gerenciamento de tempo e eficiência, mesmo em cenários de alta complexidade, como a região da Serra das Araras. Nossa pesquisa destacou que, embora comparar projetos em regiões com diferentes graus de complexidade possa parecer injusto à primeira vista, a necessidade do uso do BIM em áreas desafiadoras como a serra demonstrou-se justificada. Além disso, observamos um ganho significativo em termos de economia de tempo, mesmo quando seguindo o fluxo padrão para a aprovação de projetos, incluindo possíveis revisões decorrentes de interferências provenientes de fatores externos. O BIM proporcionou uma maior transparência e colaboração entre as partes envolvidas, agilizando os processos de aprovação e minimizando atrasos.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação do BIM também está associada a custos significativamente mais elevados em comparação com os métodos convencionais. Este é um desafio a ser considerado, especialmente em um cenário de orçamentos limitados. Portanto, a decisão de adotar o BIM deve ser baseada em uma avaliação cuidadosa dos benefícios esperados em termos de eficiência e qualidade versus os custos associados.

Destacamos a importância do BIM como uma ferramenta eficaz no gerenciamento de projetos rodoviários, independentemente da complexidade da região. A economia de tempo e a melhoria na qualidade dos projetos são vantagens substanciais, mas os custos devem ser considerados com cuidado na decisão de implementar o BIM. A abordagem escolhida deve ser adaptada às necessidades e recursos específicos de cada projeto, visando alcançar um equilíbrio entre eficiência e orçamento.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante abordar mais a fundo a relação da implantação do BIM em escala nacional mediante uma exigência dos órgãos reguladores, com o nível de capacitação e disponibilidade de profissionais do atual mercado da construção civil.

Referências Bibliográficas

SOARES, Bárbara P.; FREITAS, Fabiana F.; CAMPOS NETO, Lúcio S. **Aplicação do conceito BIM para projetos rodoviários**. Belo Horizonte: Centro Universitário Izabela Hendrix, 2017. Disponível em: <http://izabelahendrix.edu.br/pesquisa/anais/paginas-de-anais-2017-1079-1092.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.

BRANDÃO, Rogério de A. **Avaliação do uso do BIM para o estudo de obras de Infraestrutura Viária**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2014. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20Infraestrutura.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.

MARTINS, João; Monteiro, André. **Building information modeling (BIM) - teoria e aplicação**. Covilhã. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/69849>. Acesso em: 6 nov. 2023

ROUX A. ADDOR, M. .; DARDES DE ALMEIDA CASTANHO, M. .; CAMBIAGHI, H. .; MARTIN DELATORRE, J. P. .; SAMPAIO NARDELLI, E. .; LOMPETA DE OLIVEIRA, A. . **Colocando o "i" no BIM**. arq.urb, [S. l.], n. 4, p. 104–115, 2010. Disponível em: <https://www.revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/207>. Acesso em: 8 out. 2023.

PENN, Michael R.; PARKER, Philip J. **Introdução à Infraestrutura - Para Engenheiros Civil e Ambiental**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788521633624. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521633624/>. Acesso em: 06 nov. 2023.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9788582605523. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582605523/>. Acesso em: 07 out. 2023.

COSTA, Camilla D. S.; CAMPOS, Ana R. S. de A. **Relevância da plataforma BIM no melhoramento de projetos de estradas e rodovias no cenário nacional**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/6645>. Acesso em: 17 set. 2023.

CASARINO, R. BIM- **QUANTO CUSTA? QUAL O RETORNO?** Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/bim-quanto-custa-qual-o-retorno-ricardo-casarino/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 17 set. 2023.

DA SILVA, C. O. **O Engenharia 360 apresenta neste texto um resumo dos níveis de capacitação em BIM, bem como as ações estratégicas sugeridas por um especialista! Confira!** Disponível em: <https://engenharia360.com/bim-por-que-a-necessidade-urgente-de-capacitacao-neste-sistema-de-modelacao-da-informacao/>. Acesso em: 17 set. 2023.

DE FARIA, A. **Por que BIM é o futuro da construção civil e como se adaptar**. Disponível em: <https://epcc-ufsc.com.br/sem-categoria/por-que-bim-e-o-futuro-da-construcao-civil-e-como-se-adaptar/>. Acesso em: 17 set. 2023.