UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANNE CAROLINE SALVADOR SANTOS

Análise do uso do BIM nas obras de infraestrutura de transportes no Brasil

Maceió
2024

ANNE CAROLINE SALVADOR SANTOS

Análise do uso do BIM nas obras de infraestrutura de transporte no Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Profª. Drª. Aline Calheiros Espíndola

Maceió
2024

Catalogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237a Santos, Anne Caroline Salvador.
Análise do uso do BIM nas obras de infraestrutura de transporte no Brasil / Anne Caroline Salvador Santos. - 2024.
51 f. : il.

Orientadora: Aline Calheiros Espíndola.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2024.

Bibliografia: 50-53.

1. Infraestrutura de transportes. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Rodovias - Brasil. I. Título.

CDU: 625.711.3 (81)

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTORA: ANNE CAROLINE SALVADOR SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 05 de dezembro de 2024.

Análise do uso do BIM nas obras de infraestrutura de transporte no Brasil

Orientadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
ALINE CALHEIROS ESPINDOLA
Data: 18/12/2024 10:42:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Drª. Aline Calheiros Espíndola (Orientadora)
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Banca Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
OLGA BEATRIZ BARBOSA MENDES
Data: 12/12/2024 14:19:01-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Olga Beatriz Barbosa Mendes
Imtraff – Engenharia e Mobilidade

gov.br Documento assinado digitalmente
JONATHAN DA FONSECA TRINDADE
Data: 12/12/2024 14:38:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Jonathan da Fonseca Trindade
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

Maceió
2024

Porque eu, o Senhor teu Deus, te tomo pela tua mão direita; e te digo: Não temas, eu te ajudo.

(Isaías 41:13)

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar que me permitiu realizar esse sonho, por ter me dado força, coragem e sabedoria que me possibilitaram chegar até o fim. Sempre serei grata pela bondade de Deus na minha vida.

Agradeço a minha família que sempre me apoiou e me incentivou em todos esses anos, em especial minha mãe (Amélia) e irmã (Andreza) por estarem de perto em todas etapas. O amor e a compreensão de vocês foram essenciais nessa longa jornada. Sou grata pela vida do meu cunhado (Lucas) que tanto me ajudou nesse último período, sem sua ajuda jamais teria chegado a tempo nas aulas de Concreto 2.

A um grande amigo que conheci ainda quando cursava Matemática, Jairo você foi um grande entusiasta para que eu não desistisse do meu sonho de ser engenheira, lembro de todas as conversas e apoio, sou grata por um dia ter tido a oportunidade de te conhecer. Agradeço aos amigos que fiz na graduação Marianni, Sóstenis, Josivaldo e Thalita cuja amizade e apoio foram essenciais em cada prova, seminários e apresentações, sou grata por todos os momentos de dificuldade e de alegria que compartilhamos juntos e por ter em vocês uma palavra de encorajamento e uma mão amiga. Agradeço a meu amigo Weslly por toda parceria enquanto estagiei na SETRAND e pela amizade que construímos pra vida.

A todos os meus professores que participaram da minha formação, em especial minha orientadora professora Aline Espíndola por todo conhecimento sobre infraestrutura e apoio ao longo dessa etapa de conclusão. Ao Grupo de Extensão em BIM da UFAL (GEBIM-UFAL) onde aprendi muito sobre a metodologia BIM e por isso decidi escrever meu TCC sobre o tema, obrigada por todo aprendizado e experiência.

Ao DNIT em especial nas pessoas de Maria Clara, Alane, Eveline e Nicolas onde pude aprender tanto sobre infraestrutura, ver de perto grandes obras do meu Estado e ter oportunidade de passar várias manhãs ao lado de uma equipe tão competente, marcando minha trajetória de forma tão significativa. À empresa CCR Rodovias na pessoa da Samara Cabral através do conhecimento compartilhado pude enriquecer meu TCC. A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais profundo agradecimento.

RESUMO

O BIM (*Building Information Modeling)* vem ganhando espaço no setor da construção civil como uma metodologia que promove maior eficiência, qualidade e sustentabilidade aos empreendimentos. No Brasil, o uso do BIM tem crescido significativamente, entretanto em projetos de infraestrutura a difusão dessa metodologia é considerada incipiente. Por esse motivo, algumas ações do governo federal têm buscado mudar essa realidade e impulsionar o uso do BIM em obras públicas. Embora o Brasil tenha outros modais de transporte, como ferrovias, aeroportos, hidrovias, e transporte marítimo, o modal rodoviário ainda é o mais utilizado devido à sua extensa rede de estradas e flexibilidade de acesso. Esse setor desempenha um papel de grande relevância tanto do ponto de vista econômico, social quanto cultural. A adoção da metodologia BIM na infraestrutura rodoviária possibilita uma modelagem precisa e detalhada de todas as etapas do ciclo de vida de uma rodovia, desde o planejamento e projeto até a construção, operação e manutenção. Isso resulta em uma melhoria na eficiência do processo de construção, reduzindo erros e retrabalhos, otimizando o uso de recursos e, consequentemente, diminuindo os custos globais. Este trabalho visa analisar a aplicação do BIM em obras de infraestrutura de transportes no cenário brasileiro atual. Serão abordadas as iniciativas governamentais para disseminação do BIM, os casos de sucesso e os impactos dessa metodologia na performance dos empreendimentos. A partir dessa análise, pretende-se fornecer um panorama abrangente dos usos, benefícios e perspectivas do BIM na infraestrutura de transportes do país.

Palavra-Chave: Infraestrutura, BIM, Rodovias.

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) has been gaining ground in the construction sector as a methodology that promotes greater efficiency, quality and sustainability in projects. In Brazil, the use of BIM has grown significantly, however in infrastructure projects the dissemination of this methodology is considered incipient. For this reason, some actions by the federal government have sought to change this reality and boost the use of BIM in public works. Although Brazil has other modes of transport, such as railways, airports, waterways, and maritime transport, the road mode is still the most used due to its extensive road network and access flexibility. This sector plays a role of great relevance from both an economic, social and cultural point of view. The adoption of the BIM methodology in road infrastructure enables accurate and detailed modeling of all stages of a highway's life cycle, from planning and design to construction, operation and maintenance. This results in an improvement in the efficiency of the construction process, reducing errors and rework, optimizing the use of resources and, consequently, reducing overall costs. This work aims to analyze the application of BIM in transport infrastructure works in the current Brazilian scenario. Government initiatives to disseminate BIM, success stories and the impacts of this methodology on the performance of projects will be addressed. Based on this analysis, we intend to provide a comprehensive overview of the uses, benefits and perspectives of BIM in the country's transport infrastructure.

Keywords: Infrastructure, BIM, Highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Malha Rodoviária Brasileira 18

Figura 2: Organograma 20

Figura 3: Ciclo de vida de um empreendimento em BIM.....24

Figura 4: Curva de MacLeamy.....26

Figura 5: As dimensões do BIM.....26

Figura 6: BIM no mundo.....28

Figura 7: Modelo geológico mostrando o lado esloveno do túnel.....29

Figura 8: Etapas da Estratégia BIM BR.....30

Figura 9: Comparação entre modelagem e a obra do contorno viário de Florianópolis.....31

Figura 10: Obras de Artes Especiais em BIM por UF.....32

Figura 11: Projeto em BIM da ponte entre as cidades de Neópolis (SE) e Penedo (AL).....33

Figura 12: Etapas da Metodologia.....35

Figura 13: Base legal da implementação do BIM pelo DNIT.....36

Figura 14: Usos do BIM-DNIT.....37

Figura 15: Categorias.....40

Figura 16: Fluxograma da implementação BIM.....41

Figura 17: Principais Disciplinas.....42

Figura 18: Trecho obras de ampliação e capacidade.....42

Figura 19: Pedágio 8 na BR-493 44

Figura 20: Projeto de ampliação de OAE na BR-392 45

Figura 21: Pré-Projeto da Ponte Binacional Brasil-Bolívia.....46

Figura 22: Projeto da OAE 46

Figura 23: BIM 4D.....47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concessões Rodoviárias Vigentes (2023) 22

Tabela 2: Ckeck list de análise de modelos BIM 38

Tabela 3: Contratações BIM em OAES 39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Participação no valor de obras e/ou serviços, por setor de atividade (%) 16

Gráfico 2: Densidade da malha rodoviária federal pavimentada por região.....19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

ANTT- Agência Nacional de Transportes Terrestres

BEP- Plano de Execução BIM

BIM - *Building Information Modeling*

CAD - Computer-Aided Design

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CNT - Confederação Nacional de Transporte

CREA-SC - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

CRTBIM - Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT

DER/PR - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EEF - Equilíbrio Econômico-Financeiro

MT- Ministério de Transportes

OAEs - Obras de Arte Especiais

PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção

PPI - Programa de Parcerias de Investimentos

PROARTE - Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Objetivos 15
1.1.1 Objetivo Geral 15
1.1.2 Objetivos Específicos 15
1.2 Justificativa 15
1.3 Delimitação do trabalho 17
2 REFERENCIAL TEÓRICO 17
2.1 Infraestrutura de Transporte Rodoviário 17
2.2 Rodovias Federais 19
2.3 Concessões Rodoviárias 20
2.4 *Building Information Modeling* (BIM) 23
2.5 Comparação entre o modelo tradicional e o BIM 25
2.6 As dimensões do BIM 26
2.7 Adoção do BIM pelo mundo 27
2.8 Benefícios do uso do BIM na infraestrutura 30
2.9 Softwares BIM para infraestrutura 33
3 METODOLOGIA 34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 36
4.1 Estudo de Caso 1: Implementação da Metodologia BIM no DNIT 36
4.2 Estudo de Caso 2: Implementação da Metodologia BIM nas Concessões Rodoviárias 41
5 CONCLUSÃO 49
6 REFERÊNCIAS 50

1 INTRODUÇÃO

A indústria Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) passa sempre por mudanças e avanços tecnológicos, a história dos projetos de engenharia exemplificam as mudanças ao longo dos anos que ocorrem devido a criação de novas tecnologias. Os primeiros projetos eram desenvolvidos à mão o que demandava muito tempo além das limitações como por exemplo a edição dos trabalhos, posteriormente surge uma nova ferramenta o *Computer-Aided Design* (CAD) com o objetivo de tornar os processos de design mais precisos e eficientes, tendo em vista a possibilidade de criar, modificar e armazenar os projetos digitalmente (Fernandes et al., 2023).

Embora o CAD tenha sido uma ferramenta revolucionária para o desenho técnico, ele também possui algumas restrições, a representação 2D é limitada pois consiste em linhas geométricas, sem especificações não dimensionais. A falta de informação e interoperabilidade em alguns projetos gera problemas muitas vezes só percebidos em obra (Nunes; Leão, 2018). Diante das limitações no modelo tradicional CAD, incluindo problemas como o fluxo de trabalho, informações e visualizações dos projetos, erros que ocasionam retrabalho e falta de produtividade, surge a metodologia *Building Information Modeling* (BIM).

BIM é uma metodologia que visa integrar e facilitar o trabalho simultâneo de várias disciplinas de projeto, acomodando muitas das funções necessárias para modelar o ciclo de vida de um empreendimento. Quando concluído, o modelo gerado por computador contém geometria precisa e dados relevantes necessários para apoiar as etapas da construção, dessa forma é possível reduzir significativamente os erros de projeto e consequentemente evitar retrabalhos e problemas futuros (EASTMAN et al., 2008).

A metodologia BIM tem se destacado como uma transformação significativa na indústria da construção civil. Com essa tecnologia é possível gerenciar informações ao longo de todas as etapas de um empreendimento. Desde as fases inicias, que incluem concepção, conceituação e avaliação de viabilidade de projeto, nas fases de obra (construção) e por fim as fases pós-obra, uso e operação, facilitando assim as atividades de manutenção e monitoramento. O BIM procura eliminar ou minimizar as perdas de informações que ocorrem entre as diferentes fases do processo construtivo, alcançando isso por meio da documentação e compartilhamento eficiente de informações entre essas etapas. Além disso, busca superar a fragmentação existente

entre as equipes envolvidas no projeto e construção através da promoção da integração e colaboração entre arquitetos, projetistas, instaladores e construtores. (IBRACON, 2021)

Apesar de a abordagem BIM estar sendo extensivamente pesquisada e adotada em várias áreas da engenharia civil, sua aplicação nas obras de infraestrutura ainda é considerada incipiente, o uso dessa metodologia em projetos de infraestrutura de transporte oferece diversos benefícios substanciais. Entre eles, execução da construção mais precisa em termos técnicos, orçamentários e de cronograma, melhorias na qualidade do projeto e na visualização, além da manutenção preventiva e análise de conflitos (AUTODESK, 2018).

Pesquisas demonstram que obras de infraestrutura que utilizam o conceito BIM conseguem alcançar ganhos significativos, entre eles, redução de 22% no custo da construção, 33% no tempo de projeto e execução, 38% de reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% em atividades retrabalho (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2012).

Diversos países utilizam o BIM em obras públicas. O Brasil através do Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, estabelece também a obrigatoriedade BIM, a legislação brasileira visa a implantação gradual do sistema. A partir de 2021, ele deve ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações. Em 2024, incluído o uso no orçamento, planejamento, controle da execução da obra e atualização de informações pós-construção. Na terceira fase, a partir de 2028, as instituições deverão utilizar o BIM nos usos previstos nas duas primeiras fases e, também, no gerenciamento e manutenção do empreendimento após a construção. (BRASIL, 2020).

Este estudo tem como fim analisar o atual cenário do uso do BIM para a construção civil e avaliar sua aplicabilidade na infraestrutura de transportes brasileira, considerando as recentes iniciativas do governo brasileiro em conjunto com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) de padronizar o uso de BIM para projetos de engenharia rodoviária.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho possui o objetivo geral de apresentar um diagnóstico da implementação da metodologia *Building Information Modeling* (BIM) no segmento de infraestrutura de transporte no cenário brasileiro.

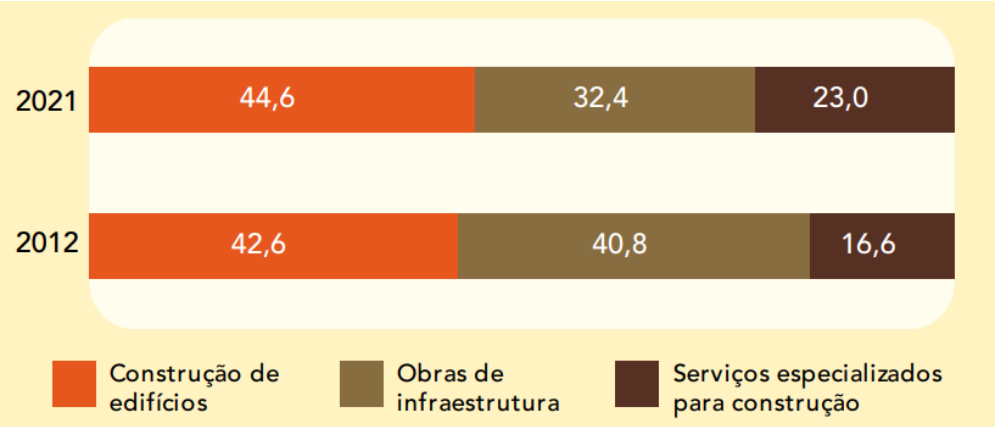
1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os benefícios com a implantação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos, orçamentos e gestão de obras;
- Contextualizar o Decreto nº 10.306 de 2020, da obrigatoriedade o uso de BIM para obras públicas federais;
- Levantar exemplos e cases de uso do BIM em projetos de infraestrutura rodoviária no Brasil.

1.2 Justificativa

De acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) 2021, o segmento de obras de infraestrutura perdeu representatividade nos últimos 10 anos, conforme mostra o Gráfico 1 as obras de infraestrutura passaram de 40,8% para 32,4% no período entre 2012 e 2021. Para melhorar a produtividade na infraestrutura medidas um planejamento cuidadoso, investimento adequado, atualização tecnológica e redução da burocracia são fundamentais.

Gráfico 1: Participação no valor de obras e/ou serviços, por setor de atividade (%).



Fonte: IBGE, 2021.

A metodologia BIM tem sido apontada como uma tecnologia capaz de aumentar a eficiência e a sustentabilidade de empreendimentos de construção civil. Sua adoção em obras de infraestrutura de transportes apresenta grande potencial para aprimorar o planejamento, execução e gestão desses projetos complexos.

Considerando que o Brasil necessita de ampliação e modernização dos modais de transporte para alavancar seu desenvolvimento econômico e social, analisar os usos e benefícios do BIM nesse setor são temas de grande relevância. O DNIT desde 2018 deu início a implementação dessa metodologia por meio do Núcleo BIM que concentra principalmente na aplicação da Estratégia Nacional BIM BR em projetos de reforço e reabilitação de Obras de Arte Especiais (OAEs) no âmbito do Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas - PROARTE. O objetivo principal do Núcleo BIM é garantir que as obras de manutenção e recuperação de OAEs, como pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção, localizadas nas estradas federais sob a gestão do DNIT, sejam realizadas com base nos princípios e diretrizes do BIM. (DNIT, 2021)

Este estudo justifica-se por prover uma visão abrangente do uso dessa metodologia no contexto brasileiro, mapeando o cenário normativo, casos práticos, dificuldades e resultados obtidos.

1.3 Delimitação do trabalho

Com o presente trabalho pretende-se entender qual o atual cenário de utilização e aplicação da metodologia BIM nas obras de infraestrutura de transportes no território brasileiro, analisando seus benefícios, desafios e oportunidades. A pesquisa envolverá uma análise e estudo da revisão bibliográfica em conjunto com dados dos órgãos públicos disponíveis sobre a implementação do BIM. Ademais, a abrangência desse trabalho se limitará às rodovias, os demais modais como ferrovias, hidrovias e aeroportos não serão contemplados nesse estudo, uma vez que a abordagem em rodovias é considerada ampla e requer um estudo mais específico para se obter resultados mais detalhados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

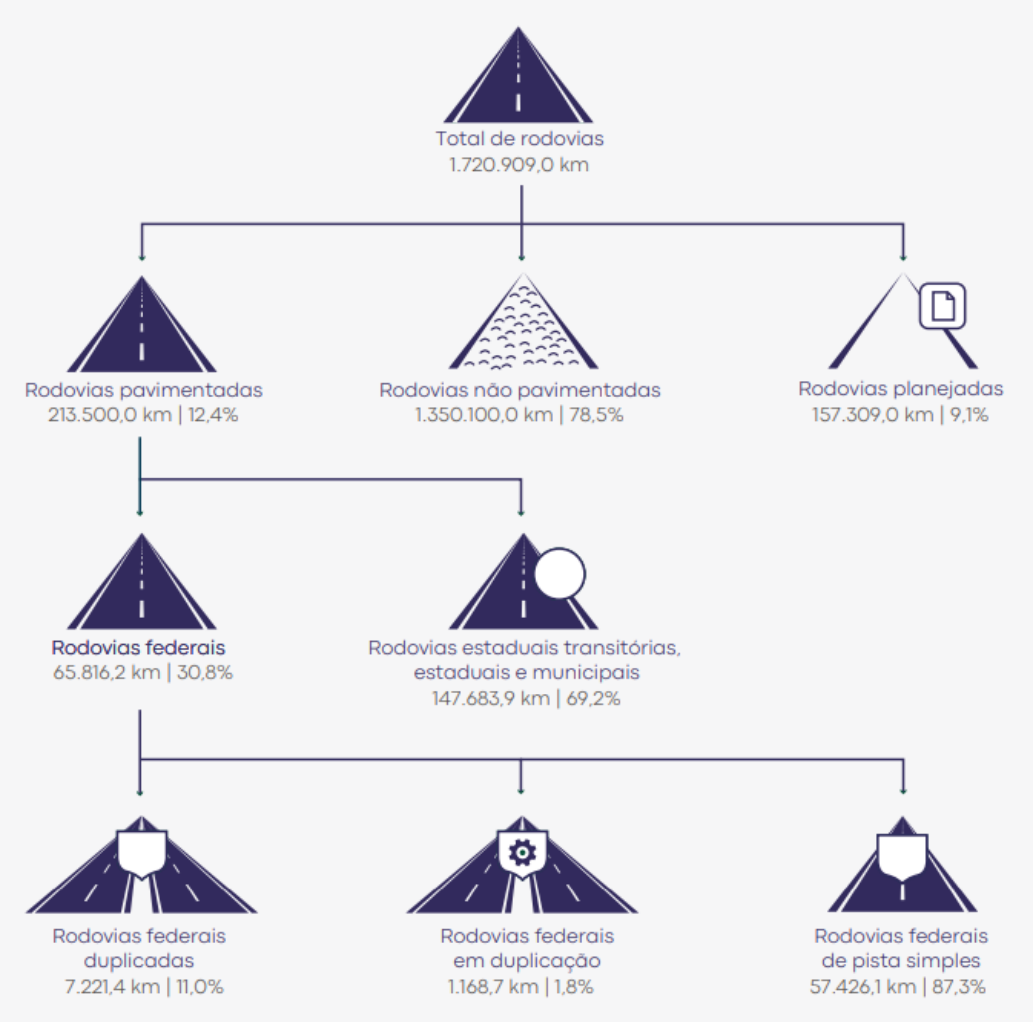
2.1 Infraestrutura de Transporte Rodoviário

A infraestrutura de transporte é um elemento crucial para o desenvolvimento econômico, social e territorial de qualquer país, especialmente em uma nação de dimensões continentais como o Brasil. O modal rodoviário é o principal meio utilizado no território brasileiro, de acordo com a Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2023), este modal é responsável por movimentar cerca de 65% das cargas e 95% dos passageiros no território nacional. Essa dependência pelo transporte rodoviário é, em grande parte, consequência das políticas públicas que, ao longo do século XX, deram prioridade aos investimentos em estradas e rodovias. Esse movimento se intensificou a partir da década de 1950, quando o governo brasileiro incentivou significativamente o crescimento da indústria automobilística. Esse apoio não apenas reforçou o transporte rodoviário como principal meio de transporte, mas também contribuiu para a superação do modal ferroviário, que era mais utilizado até então. Como resultado, o Brasil consolidou um modelo de transporte voltado para as rodovias, deixando os outros modais de transporte, como o ferroviário e o hidroviário, em segundo plano (Oliveira, 2018).

Contudo, apesar da importância do modal rodoviário dentro da infraestrutura de transporte no Brasil, a acomodação dos recursos públicos destinados para este modal ocorre de modo ineficiente. Segundo a Pesquisa de Rodovias da CNT (2023), é possível constatar que a

malha rodoviária nacional (Figura 1) é composta principalmente de vias não pavimentadas. A malha brasileira, se estende por 1,7 milhão de quilômetros de rodovias, as vias pavimentadas no Brasil somam 213,5 mil quilômetros, o que representa apenas 12,4% da malha total. Por outro lado, as vias não pavimentadas são distribuídas em 1,4 milhão de quilômetros, ou 78,5% da malha.

Figura 1: Malha Rodoviária Brasileira.

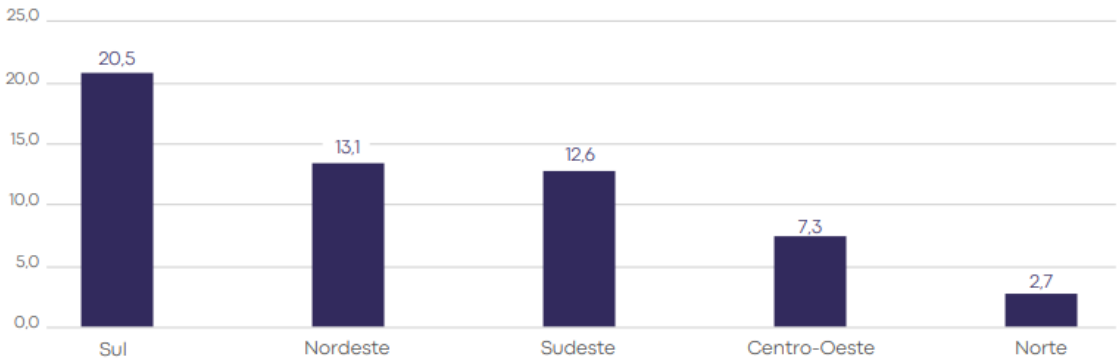


Fonte: CNT, 2023.

Considerando a grande participação do transporte rodoviário na matriz de transporte brasileira e os dados apresentados, observa-se que, apesar da vasta extensão territorial do país, há poucos trechos rodoviários pavimentados. Além disso, a desigualdade na distribuição dessa infraestrutura afeta diretamente o desenvolvimento econômico e social das diferentes regiões.

A densidade de rodovias federais pavimentadas por região no Brasil revela significativas desigualdades quanto à distribuição da malha (Gráfico 2).

Gráfíco 2: Densidade da malha rodoviária federal pavimentada por região (valores em km/mil km²)



Fonte: CNT, 2023.

A região Sul apresenta a maior concentração de rodovias, com 20,5 km/mil km² refletindo uma infraestrutura com melhores conexões entre seus núcleos populacionais e econômicos. Em contraste, a região Norte, com apenas 2,7 km/mil km², enfrenta problemas de acessibilidade e conectividade devido à baixa densidade populacional e à distância entre seus polos urbanos, o que acentua as desigualdades no desenvolvimento regional (CNT, 2023).

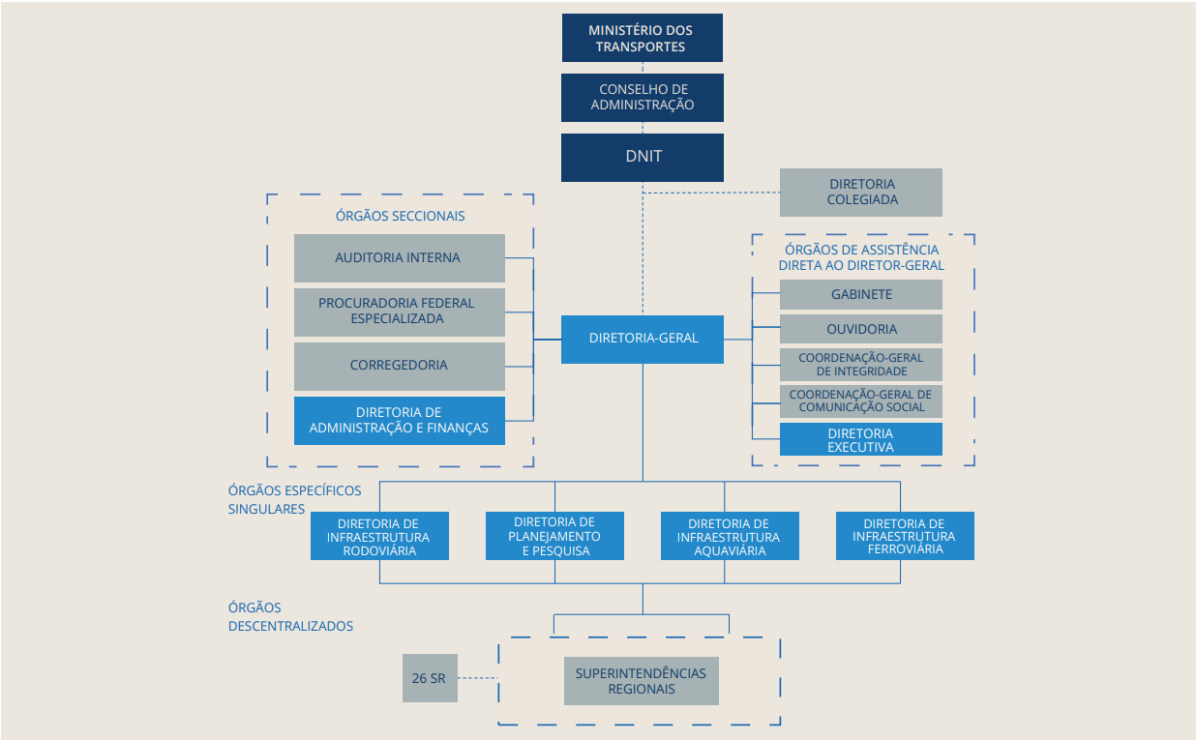
2.2 Rodovias Federais

As rodovias federais são essenciais para integrar diferentes regiões e facilitar o transporte de produtos em todo o Brasil. O Ministério dos Transportes (MT) é responsável por estabelecer a Política Nacional de Transportes, conduzindo estudos técnicos e elaborando modelos de empreendimentos sob sua gestão. Além disso de encaminhar propostas para o Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), que busca fomentar melhorias na infraestrutura de transportes por meio de colaborações com o setor privado, promovendo investimentos e inovações em prol de uma rede de transportes mais eficiente e moderna (MT, 2019)

Com relação à administração da malha rodoviária federal, ocorre em sua maior extensão por meio do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que é uma

Autarquia Federal vinculada ao MT, criada pela lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. A autarquia tem por objetivo implementar a política de infraestrutura de transportes terrestres e aquaviários, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país. A sede do DNIT é em Brasília, no Distrito Federal. Atualmente, possui 26 unidades administrativas nos estados – as Superintendências Regionais. A estrutura de governança do DNIT encontra-se definida na Figura 2 (DNIT, 2023).

Figura 2: Organograma.



Fonte: DNIT, 2020.

2.3 Concessões Rodoviárias

No Brasil, no período de 1985 a 2005, a queda nos investimentos públicos resultou em uma deterioração significativa dos serviços públicos essenciais, com impacto notável no transporte rodoviário. Essa situação exigiu altos investimentos para restaurar, manter, operar e expandir esses serviços. Diante da limitada capacidade de investimento do governo, o setor privado começou a ser visto como uma alternativa para aumentar os aportes necessários. Assim, as parcerias entre os setores público e privado, especialmente por meio de concessões de

infraestrutura, passaram a ser consideradas uma solução para enfrentar a crise fiscal, melhorar a eficiência dos serviços públicos e ampliar o acesso a eles (IPEA, 2011).

O processo de concessão, na prática, inicia-se com a publicação do edital, que define, de forma detalhada, todos os aspectos da licitação e do contrato para a exploração de um serviço público pela iniciativa privada. No edital, são apresentados o objeto da concessão, o critério de escolha do vencedor, o prazo de vigência, o plano de investimentos com o cronograma de obras, a quantidade e localização das praças de pedágio, as garantias exigidas das empresas, as regras de fiscalização e a exigência de relatórios. Em seguida, ocorre a fase de licitação, na qual os participantes, após estudos técnicos e econômico-financeiros, submetem suas propostas comerciais para disputar a concessão. Por fim, o processo é encerrado com a assinatura do contrato pela empresa vencedora, que assegura todas as regras estabelecidas, incluindo a garantia de que a tarifa inicial de pedágio será suficiente para manter o Equilíbrio Econômico-Financeiro (EEF) da concessão (IPEA, 2018).

Em 2023 a CNT lançou análise sobre os 30 anos de infraestrutura rodoviária no país, o estudo aponta que, entre 2009 e 2022, as disparidades entre as malhas administradas pela União e as que foram concedidas à iniciativa privada apresentaram uma diferença média de 41,2 pontos percentuais em relação ao estado geral da rodovia, a diferença na qualidade das rodovias entre as administradas pela iniciativa privada e as mantidas pelo setor público é notável, especialmente em critérios como condições do pavimento, sinalização e geometria da via.

Para se ter uma ideia da diferença da qualidade por gestão, em 2022, 67,1% da extensão da malha federal concedida avaliada pela CNT foi classificada como ótima ou boa para o seu estado geral. No caso das rodovias sob gestão pública, somente 32,4% atingiram esse patamar. Essas diferenças impactam diretamente a experiência dos usuários e a segurança nas vias, indicando que a gestão privada, devido aos recursos financeiros provenientes de pedágios, consegue manter um padrão de qualidade superior em comparação ao setor público, onde os recursos são frequentemente limitados.

A Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT é uma autarquia federal que tem por finalidade regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços e de exploração da infraestrutura de transportes terrestres, exercidas por terceiros. Segundo o Relatório Anual Circunstanciado de Atividades do ano 2023, a ANTT administra 24 (vinte e quatro) concessões rodoviárias, totalizando cerca de 13.023 km, conforme mostra a Tabela1.

Tabela 1: Concessões Rodoviárias Vigentes (2023)

ETAPAS	CONCESSIONÁRIAS	TRECHOS POR EXTENSÃO	EXTENSÃO (km)
1ª ETAPA	CONCER	BR-040/MG: km 773,5 ao km 828,7 BR-040/RJ: km 0,00 ao km 124,5	179,9
1ª ETAPA	ECOSUL	BR-116/RS - km 400,5 ao Km 657,00 BR- 392/RS- Km 0,0 ao Km 199,9	457,3
2ª ETAPA	VIA BAHIA	BR-324/BA 512,6 ao Km 626,2 BR-116/BA 401,6 ao Km 936,8 Rodovias Estaduais delegadas ao Governo Federal: BA 526: trecho Entr. BR 324 - Entr. BA 528 BA 528: trecho Entr. BA 526 - Acesso à Base Naval de Aratu	680,6
2ª ETAPA	AUTOPISTA FERNÃO DIAS	BR-381/ MG - Km 478,2 ao Km 949,9 BR-381/SP - Km 0,0 ao Km 90,4	562,1
2ª ETAPA	AUTOPISTA FLUMINENSE	BR-101/RJ - Km 0,0 ao Km 322,1	320,1
2ª ETAPA	K INFRA RODOVIA DO AÇO	BR-393/RJ-Km 101,9 ao Km 286,4	200,4
2ª ETAPA	AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT	BR-116/SP-Km 268,9 ao km 569,1 BR-116/PR-Km 0,00 ao Km 89,6	401,6
2ª ETAPA	TRANSBRASILIANA	BR-153/SP-Km 0,0 ao Km 347,7	321,6
2ª ETAPA	AUTOPISTA PLANALTO SUL	BR-116/PR- Km115,0 ao Km211,8 BR-116/SC- Km 0,00 ao Km 315,9	412,7
2ª ETAPA	AUTOPISTA LITORAL SUL	BR-101/SC- Km 0,0 ao Km 222,0 BR-116/376/PR - Km 635,0 ao Km 685,5	405,9
3ª ETAPA	ECO101	BR-101/BA-Km 939,4ao Km 956,9 BR-101/ES- Km 0,0 ao Km 458,4	475,9
3ª ETAPA	CONCEBRA	BR-060/DF-Km 0,0 ao Km 31,3 BR-060/GO-Km 0,0 ao Km 93,8 BR-153/GO-Km 445,1 ao Km 703,5 BR-153/MG-Km 0,0 ao Km 246,7 BR-262/MG-Km353,4 ao Km 906,00	1176,5
3ª ETAPA	VIA 040	BR-040/DF-Km 000,0 ao Km 024,1 BR-040/GO-Km 024,1 ao Km 40,0 BR-040/MG-Km 040,0 ao Km 771,1	936,8
3ª ETAPA	ECOPONTE	BR-101/RJ - Km 321,6 ao Km 334,8	13,2
3ª ETAPA	ECO 050	BR 050/GO - Km 95,7 ao Km 314,2 BR -050 DIV GO/MG - Km 0 ao Km 65,7 ENTR BR - 050 (KM 65) do Km 0 ao Km 15,8 BR - 050 ENTR BR 365 - km 0 ao Km 3,5 BR - 050 ENTR BR - 452 - km 3,5 ao Km 6,6 BR-050/MG ENTRO BR - 365 (B)/ 452 (B) - Km 77,3 ao Km 207,3	436,6
3ª ETAPA	MS VIA	BR-163/MS-Km 0,0 ao Km 847,2	847,2
3ª ETAPA	CRO (ROTA DO OESTE)	BR-163/MT-Km 0,0 ao Km 855,0	850,9
4ª ETAPA	ECOVIAS DO ARAGUAIA	BR-153/TO- Km 0,0 ao Km 445,2 BR-153/GO - Km 0,0 ao Km 445,2 BR-414/GO -Km 300,0 ao Km 439,6 BR-080/GO - Km 94,3 ao Km 181,3	850,7
4ª ETAPA	ECOVIAS DO CERRADO	BR-365/MG-Km 629,0 ao Km 873,3 BR-364/GO-Km 0,0 ao Km 192,7	437
4ª ETAPA	VIA SUL	BR-101/RS-Km 0,0 ao km 87,85 BR-290/RS -Km 0,0 ao km 98,10 BR-386/RS- Km 178,50 ao Km 444,30 BR-448/RS-Km 0,45 ao Km 22,7	473,4
4ª ETAPA	CCR VIACOSTEIRA	BR-101/SC- Km 244,68 ao Km 465,10	220,42

4ª ETAPA	**CCR RIO/SP**	Rodovia BR-116/RJ, entre o entroncamento com a BR-465, no município de Seropédica (RJ), e a divisa RJ/SP; Rodovia BR-116/SP, entre a divisa RJ/SP e o entroncamento com a BR-381/SP-015, Marginal Tietê; Rodovia BR-101/RJ, entre o entroncamento com a BR-465(A)/RJ-095 e a divisa RJ/SP; e Rodovia BR-101/SP – entre a divisa RJ/SP e Praia Grande, Ubatuba	625,8
4ª ETAPA	**VIA BRASIL**	BR-163 MT-Km 868,6 ao Km 1.131,4 BR-230/PA-Km1.113,4 ao Km 1.146,4	1009,53
4ª ETAPA	**ECO RIO MINAS**	BR-116/465/493/RJ/MG	726,9
		TOTAL	**13.023,05**

Fonte: ANTT, 2023.

Conforme dados da CNT, no período de 2016 a 2022, as rodovias federais sob concessão receberam investimentos médios 2,3 vezes superiores por quilômetro em comparação às rodovias administradas diretamente pelo governo federal. Desde 2018, essa proporção vem aumentando ano a ano: em 2021, os investimentos realizados pelas concessionárias foram 3,4 vezes superiores aos investimentos públicos em rodovias federais, e, em 2022, 3,8 vezes. No último ano, as rodovias sob concessão receberam, em média, R$ 486,55 mil/km, enquanto as rodovias sob administração pública contaram com um investimento de R$ 127,42 mil/km.

2.4 *Building Information Modeling* (BIM)

Eastman et al. (2014) define *Building Information Modeling* (BIM) da seguinte forma:

> Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. O BIM também incorpora muitas das funções para modelar o ciclo de vida de uma edificação, proporcionando a base para novas capacidades da construção e modificações nos papéis e relacionamentos da equipe envolvida no empreendimento. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos. (EASTMAN et al., 2014).

Segundo Pretti (2013), o sistema BIM opera com elementos paramétricos que estão vinculados a bancos de dados, ou seja, objetos cuja representação visual está ligada a informações específicas (parâmetros). Portanto, ao longo do processo de criação do empreendimento, a utilização desses elementos possibilita a extração automática não apenas de informações relacionadas ao desenho, mas também a dados de orçamento, quantidades e outros

aspectos. Além disso, qualquer modificação na concepção resulta em uma alteração geral do projeto.

A CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) por meio da Coletânea “Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, 2016”, define BIM como uma recente plataforma da tecnologia da informação voltada para o setor da construção civil é uma metodologia que se traduz em novos programas de computador (softwares). Essas ferramentas, ao modelar os dados do projeto e as especificações de uma construção ou instalação, introduzem novas funcionalidades. Isso significa que os processos tradicionais, que se baseiam principalmente em documentos, podem agora ser executados de forma muito mais eficiente, passando a ser orientados por modelos, o que representa uma abordagem mais eficaz.

A Figura 3 exemplifica todas as etapas de vida de um empreendimento integradas pelo BIM, começando pelo planejamento, até a fase de projeto, construção e gerenciamento da obra, manutenção e demolição.

Figura 3: Ciclo de vida de um empreendimento em BIM

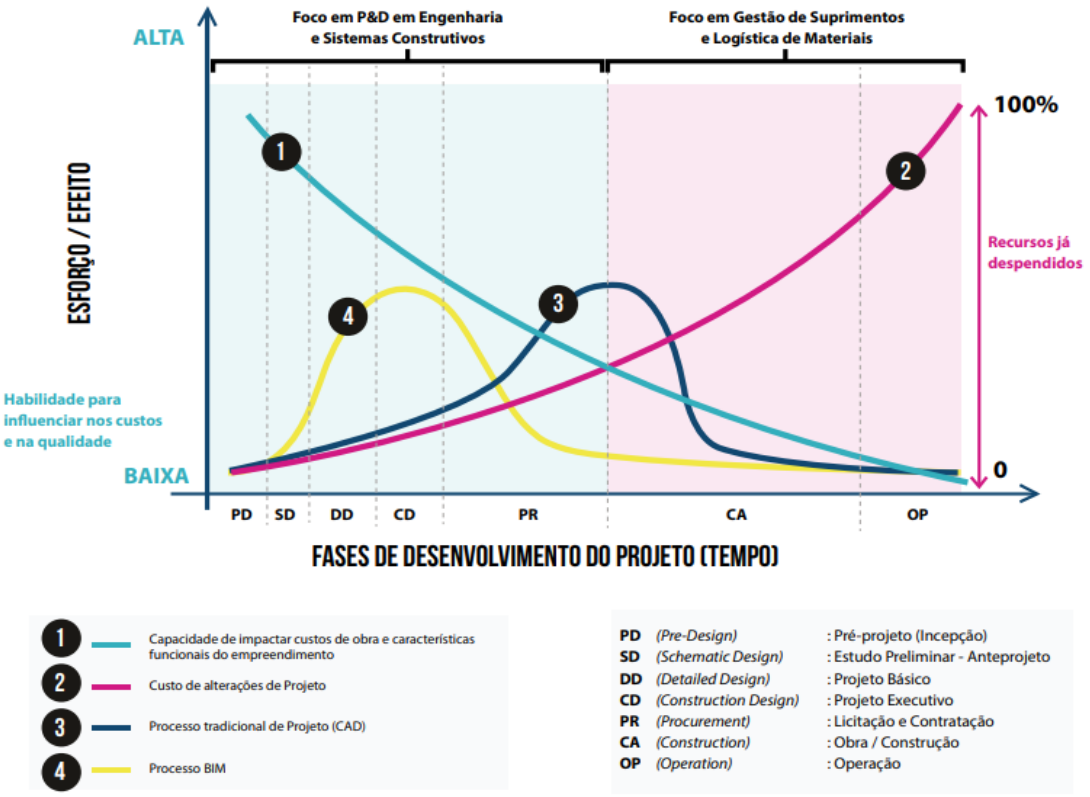
Fonte: Inova Civil, 2019

2.5 Comparação entre o modelo tradicional e o BIM

Nos projetos desenvolvidos em CAD (*Computer Aided Design*) a ênfase está na criação de documentos, como plantas, cortes, vistas e, em situações ideais, desenhos de perspectivas e detalhes. No entanto, esse processo não permite uma visualização adequada e uma compreensão perfeita do que está sendo projetado. A concepção de uma construção ou instalação fica restrita ao entendimento mental, dependendo da habilidade de quem interpreta o projeto, combinando informações fragmentadas presentes em diferentes desenhos. A modelagem 3D, por outro lado, oferece uma representação visual precisa do que está sendo projetado, independentemente da complexidade da construção, e também incorpora recursos para a detecção automática de conflitos entre objetos (CBIC, 2016).

A Figura 4 exemplifica a diferença entre o método convencional de criação de projetos, que se apoia principalmente em documentos e desenhos (usando CAD), e o processo de desenvolvimento empregando a plataforma BIM. A Curva de MacLeamy oferece uma ilustração clara de como o fluxo de trabalho em BIM se diferencia do fluxo de trabalho tradicional, à medida que o projeto avança, o custo de fazer mudanças aumenta, e a capacidade da equipe de impactar nesses custos diminui. No método tradicional, onde os projetos são predominantemente em 2D, a maior parte do esforço ocorre durante a fase de documentação do projeto. No entanto, no BIM, a ênfase está na fase de detalhamento do projeto. Isso acontece porque no BIM cria-se um modelo tridimensional do empreendimento e grande parte da documentação é gerada automaticamente a partir desse modelo. Isso resulta em uma redução significativa de custos e erros (ENGENHARIAETC, 2015).

Figura 4: Curva de MacLeamy

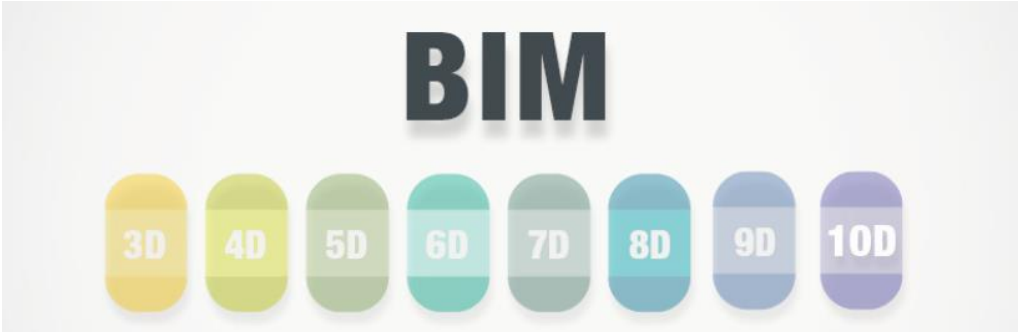


Fonte: CBIC, 2016

2.6 As dimensões do BIM

As dimensões BIM dizem respeito aos diferentes níveis de informação de um modelo BIM. Atualmente é possível encontrar na literatura as seguintes: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D e 10D, como mostra a Figura 5.

Figura 5: As dimensões do BIM



Fonte: Biblus, 2018

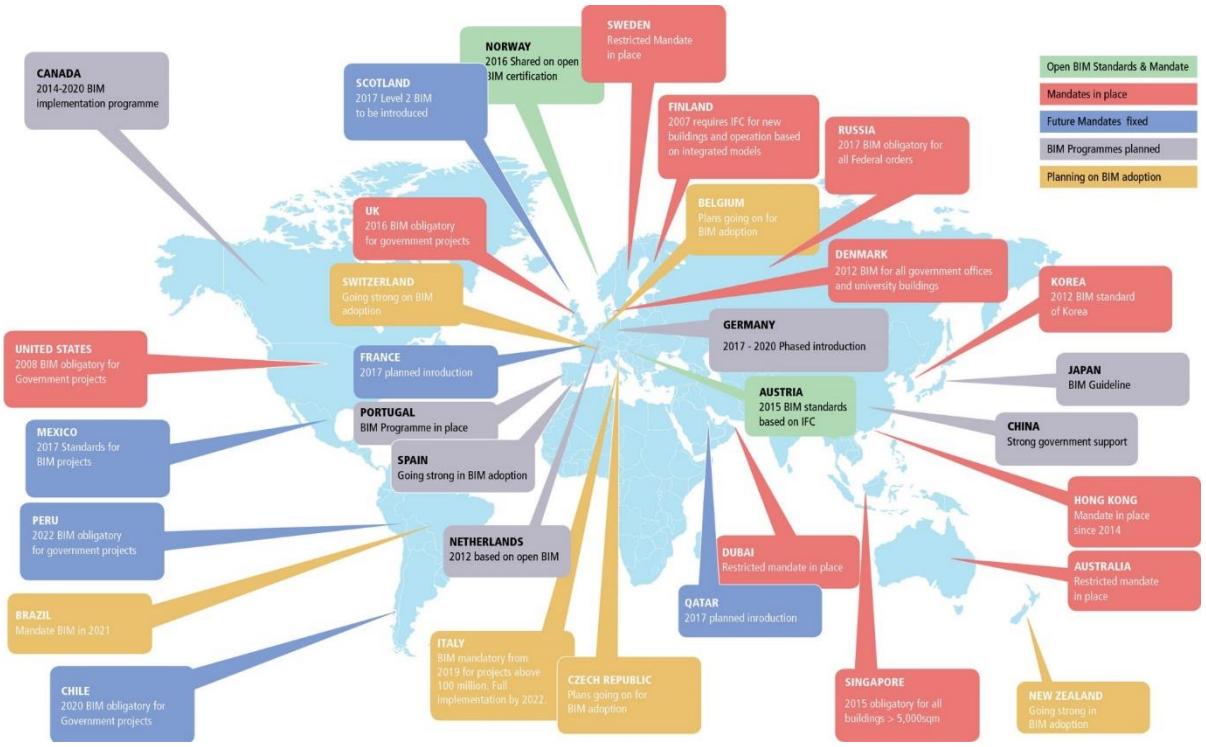
O modelo tridimensional envolve a criação de modelos 3D que combinam dados gráficos e não gráficos, permitindo o compartilhamento de informações em um ambiente seguro e acessível para gestão digital de projetos. A quarta dimensão no BIM incorpora o fator tempo ao planejamento do canteiro de obras, fornecendo informações sobre o cronograma e a sequência de instalação dos componentes do projeto, permitindo prever o tempo necessário para a conclusão e operacionalização do projeto. A dimensão 5D do BIM envolve a extração precisa de informações de custo a partir dos componentes do modelo de informação. Isso permite que todos os participantes do projeto avaliem os custos associados às atividades do projeto ao longo do tempo. O 6D BIM concentra-se na sustentabilidade de um ativo, fornecendo dados que incluem informações sobre o fabricante, programação de manutenção, instruções para configuração e operação ideal, expectativa de vida útil e dados de desativação. A dimensão 7D do BIM é uma abordagem abrangente que centraliza todas as informações relacionadas à gestão de instalações em um único local no modelo de informações da construção (SIENGE, 2020).

Além das 7 dimensões mencionadas anteriormente, é possível identificar três “novas dimensões do BIM”. A dimensão 8D do BIM integra informações de segurança ao modelo geométrico, permitindo a antecipação de riscos na construção e a identificação de medidas para aprimorar a segurança no local de trabalho e evitar acidentes. A dimensão 9D do BIM envolve a digitalização de todos os processos relacionados à fase de construção de um projeto, com o objetivo de melhorar a eficiência e a racionalização de todas as etapas envolvidas. O BIM 10D tem como objetivo modernizar e tornar a indústria da construção mais produtiva por meio da integração de tecnologias e dados relacionados à construção (BIBLUS, 2018).

2.7 Adoção do BIM pelo mundo

A implementação da metodologia BIM na indústria da construção está avançando rapidamente em escala global. Cada vez mais, os governos de diversos países reconhecem os ganhos de eficiência proporcionados pela transição da abordagem tradicional da indústria AEC para a metodologia BIM. A Figura 6 apresenta uma visão geral da adoção global do BIM, destacando o comprometimento de diferentes nações em promover sua implementação. Vale ressaltar que a imagem leva em consideração o uso do BIM no setor da construção em geral e não apenas em projetos de infraestrutura.

Figura 6: BIM no mundo



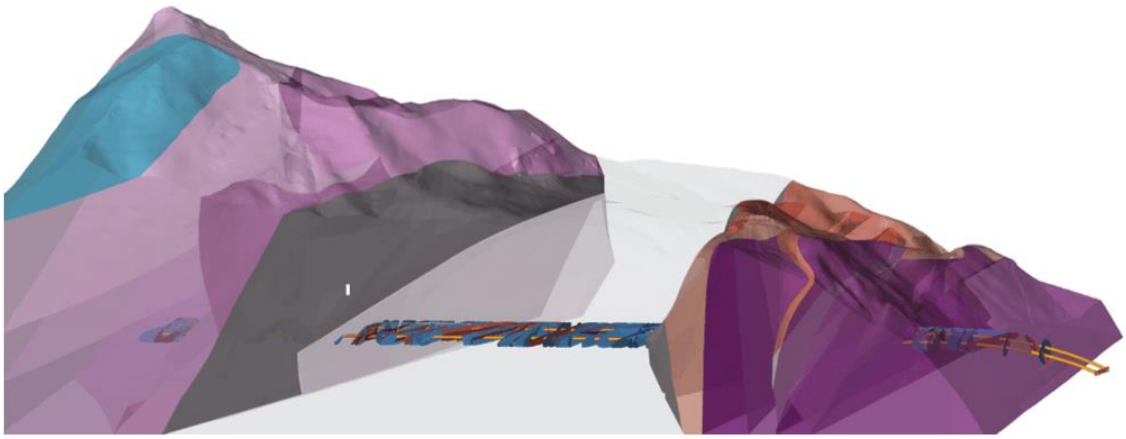
Fonte: Mapdata, 2022.

Na infraestrutura rodoviária, a adoção do BIM tem sido consolidada em diferentes países, impulsionada principalmente por iniciativas de governos e organizações públicas. Essa metodologia tem demonstrado sua eficácia na melhoria dos processos de construção, operação e manutenção, proporcionando maior controle de qualidade, redução de erros e melhor interoperabilidade entre equipes e sistemas.

No Reino Unido, o governo britânico desempenhou um papel pioneiro ao tornar o uso do BIM obrigatório em projetos públicos desde 2016. Essa política impulsionou a adoção do BIM em obras de infraestrutura rodoviária, promovendo processos mais eficientes, maior precisão nas etapas de planejamento e execução, e melhor controle sobre os resultados. Nos Países Nórdicos, como Dinamarca, Finlândia e Noruega, o uso do BIM é exigido em projetos públicos desde 2007. Na Noruega, por exemplo, a administração de rodovias utiliza o BIM em projetos de estradas com o objetivo de melhorar a interoperabilidade entre sistemas, otimizar o planejamento e reduzir erros durante as etapas de construção. Essa abordagem reforça o compromisso desses países com a inovação e a digitalização do setor de infraestrutura. Na

Áustria, o projeto do Túnel de Karawanks (Figura 7), uma obra transfronteiriça em parceria com a Eslovênia, demonstra como o BIM pode ser aplicado de forma eficiente em grandes projetos de engenharia. O uso do BIM nesse túnel permitiu uma melhor coordenação entre as equipes austríacas e eslovenas, possibilitando a troca de informações em tempo real e garantindo maior precisão no gerenciamento do projeto. Nos Estados Unidos, embora o BIM não seja obrigatório, ele tem sido amplamente utilizado por empresas privadas e órgãos públicos, especialmente em projetos de grande escala localizados em grandes centros urbanos. Rodovias e túneis são exemplos de infraestrutura onde o BIM, aliado ao uso crescente de gêmeos digitais ,vem contribuindo significativamente para melhorar a operação e a manutenção de ativos. Na União Europeia, a adoção do BIM foi estimulada pela diretiva europeia de 2014, que encorajou sua utilização em projetos públicos de construção. Essa iniciativa levou países como Alemanha e França a incorporarem o BIM em obras de infraestrutura viária, promovendo maior padronização e eficiência nos processos construtivos (TEM, 2021).

Figura 7: Modelo geológico mostrando o lado esloveno do túnel.



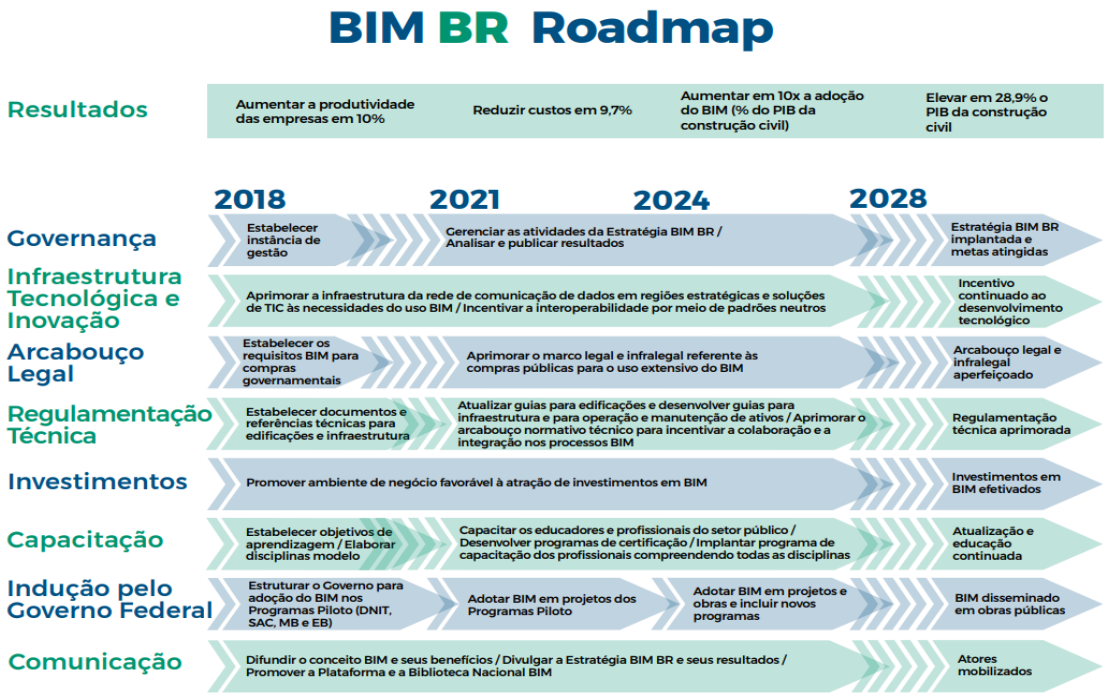
Fonte: Bentley, 2017.

2.8 Benefícios do uso do BIM na infraestrutura

Todos os anos, o governo federal investe bilhões de reais em projetos de infraestrutura. Muitos desses projetos passam por auditorias por parte de órgãos de controle externo, e é comum identificar problemas, como deficiências no projeto básico e falhas na fiscalização. Portanto, há uma necessidade clara de adotar tecnologias e processos que aprimorem a eficácia nessas áreas. O uso da tecnologia BIM tem demonstrado melhorar a qualidade dos projetos, conforme evidenciado por várias pesquisas, e isso tem motivado a adoção do BIM em diversos países ao redor do mundo (TCU, 2015).

Buscando incentivar o desenvolvimento do setor de construção, trazer mais economicidade para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, além de contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos, o Governo Federal lança a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR. A Figura 8 mostra as etapas e os resultados esperados (BRASIL, 2018).

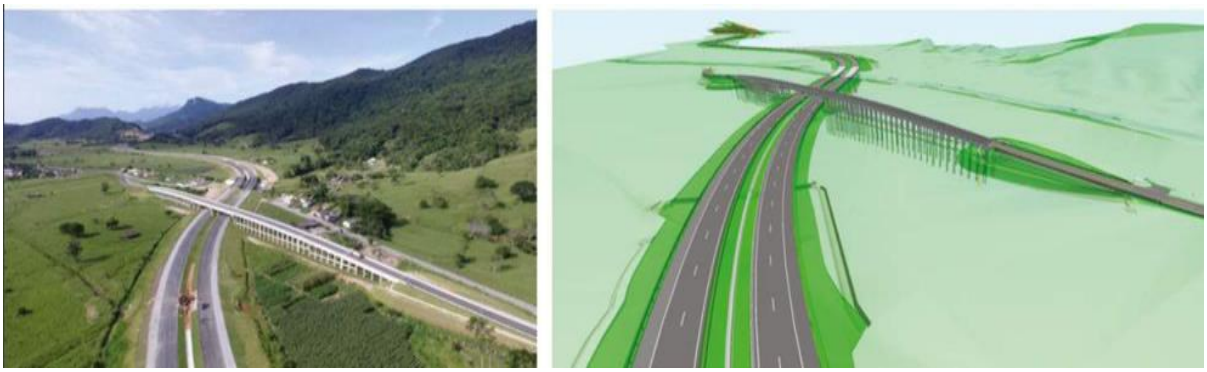
Figura 8: Etapas da Estratégia BIM BR



Fonte: Estratégia BIM, 2018.

Nos últimos anos algumas ações vêm sendo realizadas para tornar o uso do BIM uma realidade no Brasil, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) lançou uma edição especial do Boletim ABNT em 2020, destacando o desenvolvimento do BIM em obras de infraestrutura no Brasil, com a apresentação de ações e casos de sucesso em diversos setores. A Conexão BIM em parceria com o CREA-SC (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina) lançou o 1º Anuário BIM para Infraestruturas de Santa Catarina, a Figura 9 mostra uma comparação entre a modelagem e a obra realizada. Em 2021, o Ministério da Infraestrutura realizou o I Encontro BIM para Infraestruturas, outra ação em destaque foi o lançamento do Caderno BIM para Infraestrutura Rodoviária pelo DER/PR (Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná).

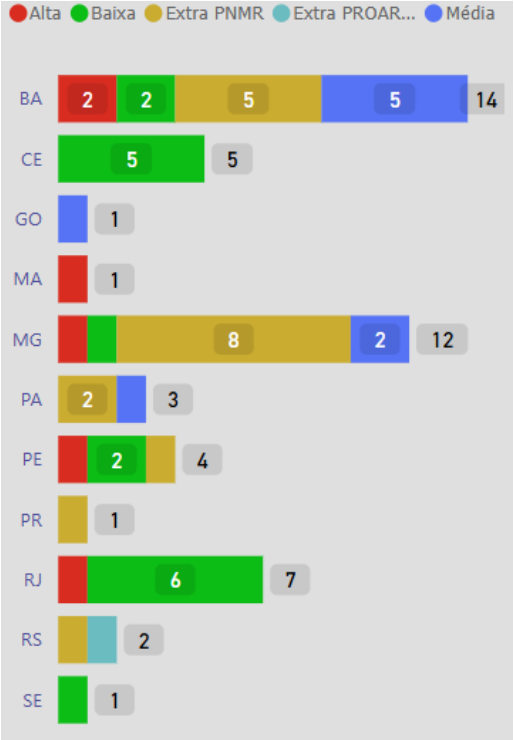
Figura 9: Comparação entre modelagem e a obra do contorno viário de Florianópolis.



Fonte: 1º Anuário BIM CREA-SC, 2021

No contexto do governo federal, o DNIT estabeleceu o Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE) com o objetivo realizar a manutenção, recuperação e reabilitação de mais de 8000 Obras de Arte Especiais (OAEs), quais sejam: pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção distribuídas pela malha rodoviária federal, sob responsabilidade do DNIT (BUILDLAB, 2022). A Figura 10 mostra as OAEs que são prioritários no Brasil por meio do programa PROARTE, em BIM.

Figura 10: Obras de Artes Especiais em BIM por UF.



Fonte: DNIT, 2024

Outra iniciativa do DNIT foi a criação de um Núcleo BIM, composto por servidores, destinado a promover permanente discussão e estudo sobre a metodologia BIM. Compete ao Núcleo BIM do DNIT a elaboração de propostas internas para implementação de metodologia BIM na Autarquia; a elaboração e atualização dos manuais, normas e instruções relacionadas à metodologia e, ainda, a análise e manifestação sobre os pleitos externos relacionados à metodologia BIM no Departamento. Uma iniciativa recente realizada pela equipe técnica do Núcleo BIM DNIT foi a modelagem 3D aplicada no projeto da ponte entre as cidades de Neópolis (SE) e Penedo (AL), na rodovia BR-349/AL/SE, a equipe reproduziu a maquete da estrutura como mostra a Figura 11.

Figura 11: Projeto em BIM da ponte entre as cidades de Neópolis (SE) e Penedo (AL)

Fonte: DNIT, 2023

2.9 Softwares BIM para infraestrutura

No setor de infraestrutura rodoviária, o uso de softwares BIM tem sido fundamental para melhorar a eficiência e a precisão dos projetos. O Civil 3D é um software desenvolvido pela Autodesk amplamente usado em projetos de infraestrutura civil, como rodovias, ferrovias, obras de saneamento, topografia e outras estruturas relacionadas a transportes e urbanização. Ele é especialmente útil para engenheiros civis que trabalham com modelagem de informações (BIM), pois permite integrar projetos 3D com dados de topografia e análise de terreno (AUTODESK, 2024). Entre suas principais funcionalidades, destacam-se:

1. Modelagem de Terreno e Topografia
2. Projeto Geométrico de Estradas e Rodovias
3. Análise de Terraplenagem
4. Rede de Drenagem e Saneamento
5. Automação e Personalização

O Autodesk InfraWorks é uma ferramenta de modelagem conceitual voltada para o desenvolvimento de projetos de infraestrutura, como estradas, ferrovias, sistemas de trânsito, estruturas civis e recursos hídricos. Esse software permite aos usuários criar modelos 3D contextualizados, integrando grandes volumes de dados, possibilitando uma visão mais ampla

e detalhada do ambiente em que o projeto será implementado (AUTODESK, 2024). Algumas funcionalidades principais do InfraWorks incluem:

1. Agregação de Dados Contextuais
2. Visualização de Opções de Projeto
3. Análise de Fluxo de Tráfego e Linha de Visão

OpenRoads Designer da Virtuosity, é um software de projeto de rodovias que fornece um ambiente completo de modelagem para dar suporte a projetos de rodovias, desde o conceito até a construção. O aplicativo aborda uma ampla variedade de tarefas complexas, incluindo o projeto de interseções e rotatórias, terraplenagem, inspeções, além do desenvolvimento de redes de esgoto e drenagem pluvial, infraestrutura subterrânea e geração de relatórios de piquetagem para construção.

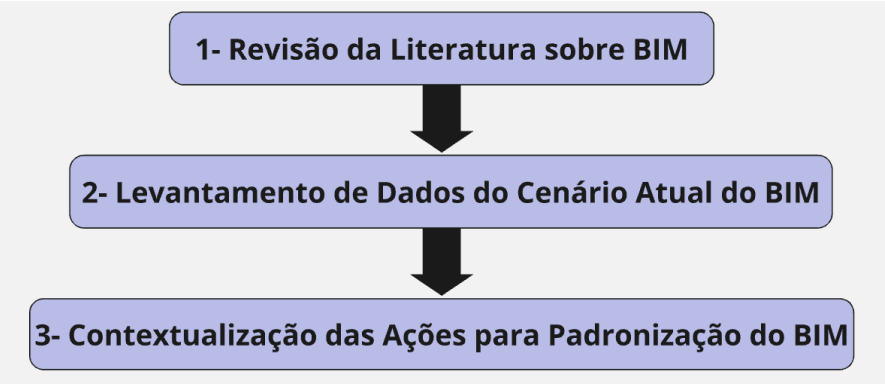
O software Revit da Autodesk também é bastante utilizado na metodologia BIM, apesar de não ter sido projetado especificamente para o setor de infraestrutura, ele ainda pode ser usado para modelar alguns elementos de pontes, como a superestrutura (tabuleiros, vigas e lajes), além de auxiliar no detalhamento de componentes de concreto e aço (AUTODESK, 2024).

O mercado da construção civil está constantemente inserindo novos softwares que possibilitam a profissionais do ramo tomar decisões mais assertivas e inteligentes. softwares como os citados podem ser utilizados em diferentes fases do projeto, desde o conceito inicial até a execução e manutenção da infraestrutura.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi estruturada em três etapas distintas. Conforme ilustrado na Figura 12, essas etapas foram definidas de modo a cobrir desde a revisão bibliográfica inicial, que proporciona a base conceitual do estudo, até a coleta e análise de dados sobre a aplicação prática da metodologia BIM no setor de infraestrutura rodoviária, o levantamento das práticas atuais, análise das vantagens e desafios da implementação do BIM e uma discussão contextualizada sobre o cenário de padronização dessa metodologia no setor.

Figura 12: Etapas da Metodologia



Fonte: Autora, 2024.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão de literatura abrangente sobre a metodologia *Building Information Modeling* (BIM), com o objetivo de compreender seus princípios fundamentais, conceitos-chave e aplicações no contexto da infraestrutura rodoviária. Dada a recente introdução do BIM no setor de infraestrutura, essa revisão tornou-se um objetivo específico, uma vez que os conceitos, aplicabilidades e benefícios ainda não são amplamente disseminados, e as fontes de informação sobre o tema são relativamente escassas. Esta etapa, portanto, visa consolidar o conhecimento teórico disponível, identificando lacunas e ressaltando os avanços potenciais que a metodologia BIM pode oferecer ao setor.

Posteriormente, foi realizado um levantamento abrangente sobre o cenário atual de utilização do BIM no contexto da infraestrutura rodoviária. Foram identificadas e analisadas as práticas existentes, projetos em andamento e iniciativas de implementação, bem como os possíveis benefícios e impactos decorrentes dessa adoção, foi realizada uma análise de obras e projetos que adotaram a metodologia BIM no setor rodoviário e identificados os desafios enfrentados durante a implementação, bem como as melhorias alcançadas em termos de eficiência, qualidade, sustentabilidade e redução de custos.

A última fase consistiu na contextualização das ações e esforços em andamento relacionados à padronização do BIM no setor de infraestrutura rodoviária. Foram exploradas as normas, diretrizes e iniciativas voltadas para a criação de um ambiente mais uniforme e compatível para a utilização dessa metodologia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo de Caso 1: Implementação da Metodologia BIM no DNIT

A implementação do BIM no DNIT representa um avanço importante na modernização dos processos de planejamento, projeto e execução de obras de infraestrutura no Brasil. O Governo Federal através do Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, determinou ações a serem cumpridas por determinados órgãos e entidades federais para adoção do BIM. Neste contexto, o DNIT instituiu um Núcleo BIM, composto por servidores, destinado a promover permanente discussão e estudo sobre a metodologia BIM entre os servidores da Autarquia visando sua implantação e disseminação, a figura 13 mostra a base legal adotada nessa implementação (DNIT, 2024).

Figura 13: Base legal da implementação do BIM pelo DNIT.

Fonte: DNIT, 2024.

Como projeto piloto para o uso do BIM no DNIT, foi escolhido o programa PROARTE, que contempla a recuperação e reabilitação de aproximadamente 8 mil OAEs em 55 mil km de rodovias federais. O PROARTE foi selecionado devido à sua abrangência e replicabilidade, permitindo que a metodologia BIM seja aplicada em larga escala, com potencial de expansão para outras iniciativas. O **Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT** (CRTBIM) estabelece diretrizes para o uso eficaz da metodologia nos processos de contratação de projetos pelo órgão. Com o objetivo de implementar o projeto-piloto PROARTE, o **CRTBIM** DE 2023 definiu os usos específicos do BIM (Figura 14) que atendem às demandas atuais do DNIT, são elas:

a) elaboração dos modelos de engenharia referentes às disciplinas englobadas no projeto;

b) detecção de interferências (*Clash Detection*);

c) realização de simulações computacionais;

d) extração de documentação gráfica em duas dimensões (2D) e em três dimensões (3D);

e) apresentação gráfica do plano de execução das obras (BIM 4D);

f) extração automatizada de quantitativos e especificação dos materiais a partir do modelo digital, de modo a possibilitar a obtenção do Orçamento (BIM 5D);

g) inserção de documentação no modelo digital.

Figura 14: Usos do BIM-DNIT

Fonte: CTRBIM, 2023.

Para realizar a análise dos modelos BIM desenvolvidos e entregues pela contratada, o DNIT utiliza um checklist mínimo, conforme apresentado na Tabela 2. Esse checklist serve como referência básica para a verificação dos produtos entregues, garantindo uma padronização inicial na conferência. Entretanto, todos os produtos precisam atender integralmente aos requisitos BIM estabelecidos no CRTBIM, bem como aos critérios descritos no edital convocatório.

Tabela 2: Ckeck list de análise de modelos BIM

FORMALIZAÇÃO DE RESPONSABILIDADES	Sim	Não	N/A*	Vol
1. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do(s) profissional(is) responsável(is) pelo(s) projeto(s), com comprovante de pagamento, conforme o item 1.1.4 da Instrução de Serviço DG/DNIT nº 15/2006.	☐	☐	☐	
2. Declaração de Responsabilidade Técnica pelos Estudos, conforme o documento normativo DNIT/IPR739-2010.	☐	☐	☐	
3. Declaração do responsável técnico pelo cálculo e verificação dos quantitativos de serviço do projeto, conforme o Anexo I da Instrução de Serviço DG/DNIT nº 15/2006.	☐	☐	☐	
4. Outras exigências legais e documentais que tenham sido estabelecidas pelo Termo de Referência.	☐	☐	☐	
VERIFICAÇÕES DE CARÁTER GERAL	Sim	Não	N/A*	Vol.
5. O consteúdo apresentado compreende todo escopo previsto pelo TR e Caderno de Requisitos Técnicios BIM?	☐	☐	☐	
6. Os Produtos BIM do projeto foram entregues conforme exigências do Caderno de Requisitos Técnicos BIM?	☐	☐	☐	
PROJETO FEDERADO/INTEGRADO	Sim	Não	N/A*	Vol.
7. Conferência de todos os projetos integrados.	☐	☐	☐	
8. Verificação da coordenada compartilhada do projeto.	☐	☐	☐	
9. Verificação dos modelos e das informações disponibilizadas.	☐	☐	☐	
10. Verificação das premissas das análises de interferências.	☐	☐	☐	
11. Verificação do planejamento 4D.	☐	☐	☐	
PROJETOS AUTORAIS	Sim	Não	N/A*	Vol.
12. Verificação da coordenada compartilhada do projeto.	☐	☐	☐	
13. Organização do navegador do projeto.	☐	☐	☐	
14. Modelos de vista de plantas baixas, cortes, vistas, 3D, detalhe de projeto.	☐	☐	☐	
15. Tabelas de quantitativos.	☐	☐	☐	
16. Verificação dos links dos projetos complementares.	☐	☐	☐	
17. Verificação das informações inseridas nos modelos.	☐	☐	☐	
MODELOS openBIM	Sim	Não	N/A*	Vol.
18. Verificação da coordenada compartilhada do projeto.	☐	☐	☐	
19. Verificação dos links dos projetos.	☐	☐	☐	
20. Verificação das informações inseridas nos modelos.	☐	☐	☐	
Observações:				
Legenda: Vol. – Número do Volume do Relatório				
N/A – Não se aplica. *Quanto for usado o N/A é obrigatório justificar em Observações.				

Fonte: CTRBIM, 2023.

O **site do DNIT** oferece a possibilidade de acompanhar de forma detalhada e em tempo real as contratações que utilizam a metodologia BIM para Obras de Artes Especiais (OAEs) prioritárias no âmbito do programa PROARTE. Através desse sistema, os usuários têm acesso a informações atualizadas sobre o andamento de cada projeto. Essa ferramenta não apenas facilita a consulta de dados atualizados, mas também promove uma maior transparência,

permitindo que profissionais, gestores e a sociedade monitorem continuamente as iniciativas voltadas para a recuperação e manutenção das OAEs, a Tabela 3 mostra as contratações BIM em andamento.

Tabela 3: Contratações BIM em OAES

ANO	UF	BR	OAE - PRORIZAÇÃO BIM DNIT	RELEVÂNCIA	NOTA SGO	EXTENSÃO (m)
2021	BA	BR-101	Ponte sobre o Rio do Ouro	Alta	2	20,25
2023	BA	BR-101	Ponte sobre o Rio Itapicuru (LE)	Média	2	126,00
2023	BA	BR-101	Viaduto km 217,24 sobre Ferrovia	Média	1	19,20
2021	BA	BR-242	Ponte sobre o Rio Capivari	Média	2	51,75
2023	BA	BR-242	Ponte sobre o Rio Paramirim	Média	1	152,40
2021	BA	BR-242	Ponte sobre o Rio Santo Antônio	Baixa	1	71,20
2021	BA	BR-324	Ponte sobre o Rio Calandro	Média	2	20,35
2021	BA	BR-367	Ponte sobre o Rio da Vila	Alta	2	20,00
2024	BA	BR-415	Ponte km 27,78	Extra PNMR	3	6,29
2024	BA	BR-415	Ponte km 31,79	Extra PNMR	3	16,10
2024	BA	BR-415	Ponte sobre o Ribeirão Grande	Extra PNMR	3	15,20
2024	BA	BR-415	Pontilhão km 21,03	Extra PNMR	3	5,40
2024	BA	BR-415	Pontilhão km 29,95	Extra PNMR	4	5,40
2023	BA	BR-498	Ponte km 8,38	Baixa	1	24,94
2021	CE	BR-116	Ponte sobre o Braço do Rio Jaguaribe	Baixa	2	8,60
2021	CE	BR-116	Ponte sobre o Riacho Juazeiro	Baixa	3	21,70
2021	CE	BR-122	Ponte sobre o Rio Pirangi	Baixa	1	43,00
2021	CE	BR-402	Ponte km 94,09	Baixa	1	26,50
2021	CE	BR-402	Ponte sobre o Rio Cruxati	Baixa	1	33,00
2022	GO	BR-020	Ponte sobre o Córrego Tabocas	Média	1	39,70
2022	MA	BR-222	Ponte sobre o Riacho Fundo	Alta	1	172,00
2023	MG	BR-116	Ponte sobre o Córrego Mutum	Baixa	1	7,36
2024	MG	BR-153	Ponte sobre o Rio Ribeira	Extra PNMR	1	31,60
2023	MG	BR-259	Ponte sobre o Córrego Santa Helena	Média	1	64,00
2023	MG	BR-259	Ponte sobre o Córrego São Geraldo	Extra PNMR	1	32,00
2023	MG	BR-354	Ponte Auxiliar sobre o Rio São Francisco	Alta	2	120,00
2024	MG	BR-354	Ponte sobre o Córrego Aranha	Extra PNMR	2	25,00
2024	MG	BR-354	Ponte sobre o Ribeirão dos Monteiros	Extra PNMR	1	28,50
2023	MG	BR-354	Ponte sobre o Rio Pouso Alegre	Extra PNMR	1	49,20
2024	MG	BR-354	Ponte sobre Rio São Miguel	Extra PNMR	2	31,60
2023	MG	BR-367	Ponte sobre o Ribeirão Santo Antônio	Extra PNMR	2	41,00
2023	MG	BR-367	Ponte sobre o Rio Fanado	Média	1	70,00
2023	MG	BR-367	Ponte sobre o Rio São Miguel	Extra PNMR	2	40,30
2023	MG	BR-367	Ponte sobre Ribeirão da Barra Nova	Extra PNMR	2	50,30
2023	PA	BR-010	Ponte sobre o Rio Guamá	Extra PNMR	2	184,00
2023	PA	BR-010	Ponte sobre o Rio Itaqui-Açu	Extra PNMR	2	13,10
2023	PA	BR-316	Ponte sobre o Rio Piriá	Média	1	83,00
2023	PE	BR-101	Ponte sobre o Rio Barro Branco (Meio)	Baixa	1	11,10
2023	PE	BR-104	Ponte sobre o Rio Capibaribe (LE)	Baixa	2	92,60
2023	PE	BR-232	Ponte sobre o Riacho Barreiro	Extra PNMR	2	48,00
2023	PE	BR-232	Ponte sobre o Riacho Três Riachos	Alta	1	56,00
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Córrego Carrapato (Ponte sobre o...	Baixa	4	9,90
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Córrego dos Três Pinheiros (Ponte ...	Baixa	4	24,35
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Rio Água Branca	Baixa	3	6,40
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Rio Estreito (Ponte sobre o córreg...	Baixa	4	13,00
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Rio Palmital (Ponte sobre o Rio da...	Baixa	1	33,00
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Rio Salto I	Alta	2	40,00
2021	RJ	BR-354	Ponte sobre o Rio Salto II	Baixa	1	33,00
2023	RS	BR-153	Ponte sobre o Rio Capanezinho	Extra PNMR	2	50,00
2021	RS	BR-290	Ponte sobre o Arroio Bossoroca	Extra PROARTE	3	110,00
2021	SE	BR-235	Ponte sobre o Riacho São Pedro - Ponte km 17,91	Baixa	1	8,30

Fonte: BIM no DNIT, 2024.

Além da implementação através do PROARTE outras ações relacionadas ao BIM ocorrem no DNIT, a Figura 15 mostra algumas categorias que é possível acessar e obter mais informações. Exemplo disso, na categoria Biblioteca é possível obter **templates BIM do álbum de projetos-tipo de passarela de pedestres**, de acordo com o Manual IPR-748, fruto dos Acordos de Cooperação Técnica (ACT) com as fabricantes Autodesk e Trimble. Outro exemplo de destaque encontra-se na aba Licitação BIM que contém o Edital de Chamamento Público para firmar Acordos de Cooperação Técnica (ACT) com empresas que possuíam expertise em BIM. Essas cooperações compreendem solução para dimensionamento estrutural de OAEs em BIM, solução para projetos de infraestrutura rodoviária em BIM, solução para orçamentação e planejamento de obras em BIM e solução para integração e trabalho colaborativo com tecnologia de Ambiente Comum de Dados (DNIT, 2023).

Figura 15: Categorias

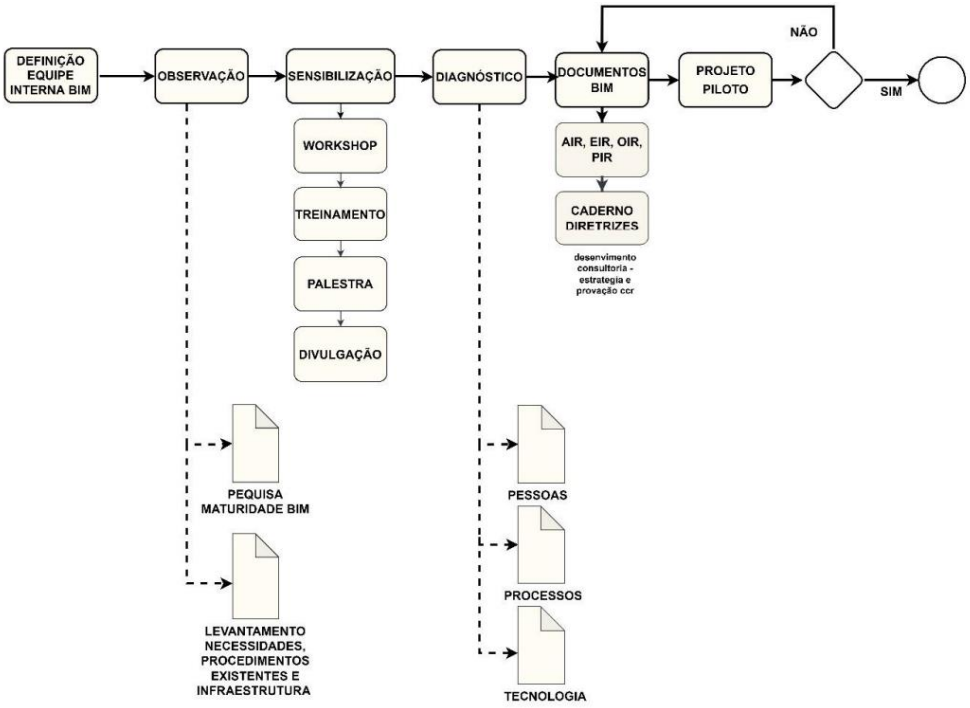
Fonte: BIM no DNIT, 2024.

4.2 Estudo de Caso 2: Implementação da Metodologia BIM nas Concessões Rodoviárias

A ANTT com o intuito de seguir as orientações de políticas públicas federais relacionadas ao uso da metodologia BIM publicou a Resolução nº 6.000, de 1º de dezembro de 2022. Essa norma aprova a segunda parte do Regulamento das Concessões Rodoviárias, estabelecendo diretrizes para a gestão de bens, obras e serviços nos contratos de concessão de infraestrutura rodoviária sob sua competência. A resolução orienta as concessionárias sobre a implementação de tecnologias digitais e exige a apresentação de projetos em formatos compatíveis com o BIM, visando aprimorar a eficiência e a qualidade dos projetos rodoviários no Brasil.

Nos editais das novas concessões rodoviárias, a ANTT determina que a concessionária deve desenvolver e apresentar um Plano de Execução BIM (BEP). Esse plano precisa estar alinhado às condições e aos requisitos detalhados nos regulamentos atualizados da ANTT, servindo como base para a elaboração e apresentação dos projetos de engenharia necessários para as obras e serviços previstos na concessão. A Figura 16 mostra o fluxograma da implementação BIM cedido pela empresa CCR-Rio SP referente ao Plano de Desenvolvimento BIM do Contrato de Concessão 03/2021.

Figura 16: Fluxograma da implementação BIM



Fonte: CCR, 2024.

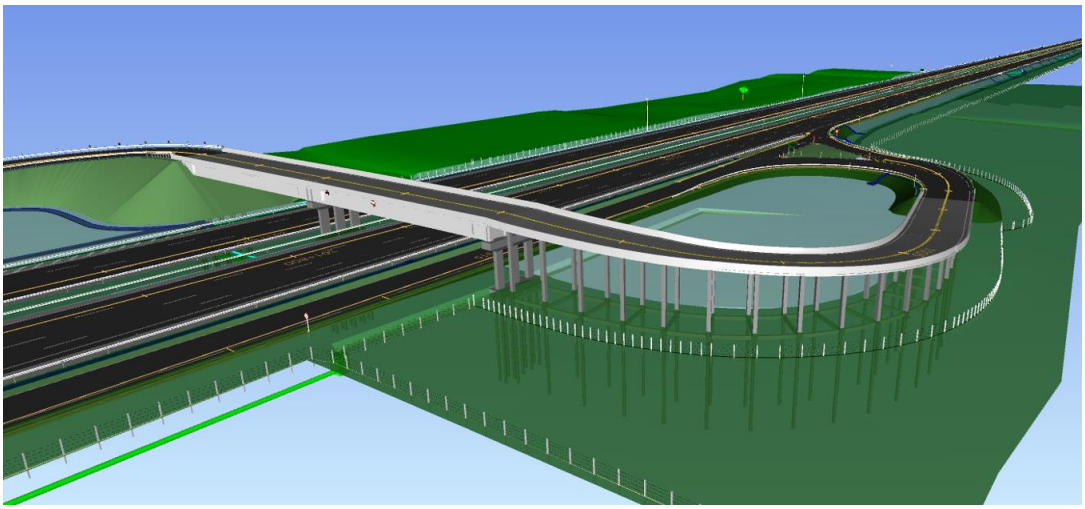
A Figura 17 contém as principais disciplinas que compõem os ativos de um projeto da ANTT. O BEP a ser desenvolvido valida as disciplinas que são entregues na metodologia BIM. A Figura 18 mostra a modelagem 3D de trecho da ampliação de capacidade da rodovia fornecidos pela empresa CCR RioSP referente ao Contrato de Concessão 03/2021.

Figura 17: Principais Disciplinas.

	Topografia	Sondagem	Geométrico	Terraplenagem	Drenagem Superficial	Drenagem Profunda	Sinalização Horizontal	Pavimentação	Obra de Arte (OAE e OAC)	Geotecnia/Geologia	Interferências	Sinalização e segurança viária	Contenções	Disp. Segurança	Desapropriação	Desvio de tráfego	Paisagismo	Estudos Hidrológicos E Hidráulicos	Projeto de obras complementares	Projeto de Arquitetura	Iluminação	Especificações Técnicas	Relatórios Técnicos	Acompanhamento Técnico às Obras (ATO)
Projeto BIM	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		■	■	■			
Projeto Convencional															■	■		■				■	■	■

Fonte: CCR, 2024.

Figura 18: Trecho obras de ampliação e capacidade.



Fonte: CCR, 2024.

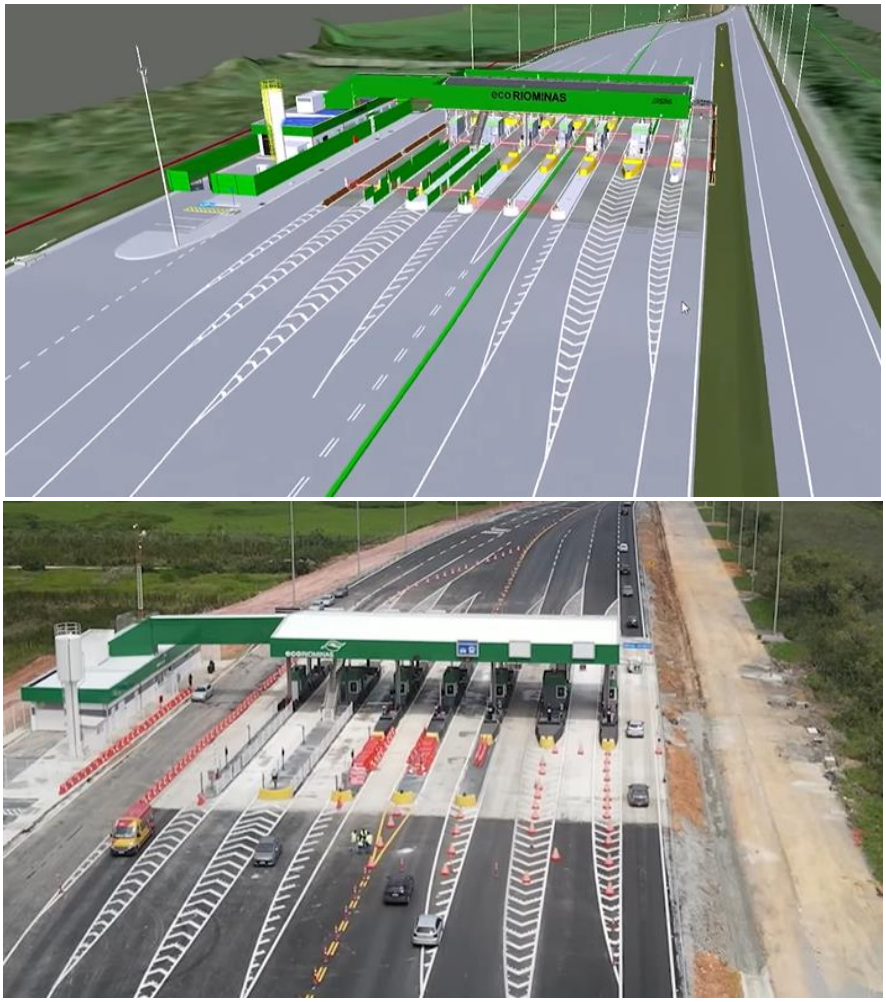
Segundo o Relatório Anual Circunstanciado de Atividades de 2023, foi analisado um Plano de Desenvolvimento de Projetos de Engenharia em BIM referente ao contrato de concessão do Edital nº 01/2022 da concessionária EcoRioMinas. Além disso, no ano anterior

(2022), haviam sido apresentados três outros Planos de Desenvolvimento em BIM. De acordo com o cronograma das concessionárias, os primeiros modelos BIM para os anteprojetos e projetos executivos das obras e serviços do Programa de Exploração da Rodovia (PER) devem começar a ser entregues nos próximos anos.

A EcoRioMinas é responsável pelas BR-116/RJ e MG, BR-493/RJ e BR-465/RJ, a Figura 19 mostra o case da praça de pedágio 8, na BR-493 (RJ), em Guapimirim, onde foi empregada uma solução de aterro estaqueado sobre argila mole. Todo o processo foi realizado com o uso do BIM. O projeto envolveu mais de 20 disciplinas, abrangendo desde projetos de estradas até edificações complexas, entre ela:

- Topografia;
- Drenagem;
- Arquitetura;
- Luminotécnica;
- Urbanismo;
- Paisagismo;
- Geotecnia;
- Elétrica;
- Hidrossanitário;
- Estrutura Metálica;
- Estrutura de Concreto;
- Cabeamento Estruturado;
- Automação e Telecom;
- Fundações;
- Terraplanagem;
- Pavimentação;
- Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndios (PPCI);
- Circuito Fechado de TV (CFTV);
- Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado (AVAC).

Figura 19: Pedágio 8 na BR-493



Fonte: Sondotécnica Engenharia, 2024.

Para garantir que a ANTT tenha a capacidade técnica necessária para receber e analisar esses projetos em BIM, está em desenvolvimento, através dos Recursos para o Desenvolvimento Tecnológico (RDT), a pesquisa intitulada "Estruturação de Implantação da Metodologia BIM na ANTT" (ANTT, 2023).

Os estudos de caso apresentados demostraram como o DNIT e a ANTT têm se posicionado estrategicamente frente a implementação da metodologia BIM nas rodovias federais. Essa iniciativa representa um avanço significativo na modernização e transparência dos processos de gestão, planejamento, e execução de obras rodoviárias no Brasil. Em ambos os casos, a adoção do BIM está alinhada a diretrizes governamentais que incentivam o uso de tecnologias digitais para melhorar a eficiência e reduzir custos em obras de infraestrutura.

Em relação ao acesso e facilidade de obter dados em BIM o portal do DNIT mostrou-se mais intuitivo e com uma variedade de ações existentes tanto na criação de uma equipe responsável por difundir o BIM na autarquia como na visualização dos projetos, como mostra as Figuras 20 e 21. Além disso o DNIT disponibilizou ferramentas de aprendizado e *templates* facilitando projetos de futuras parcerias ou até mesmo entusiastas e estudantes da metodologia BIM.

Figura 20: Projeto de ampliação de OAE na BR-392

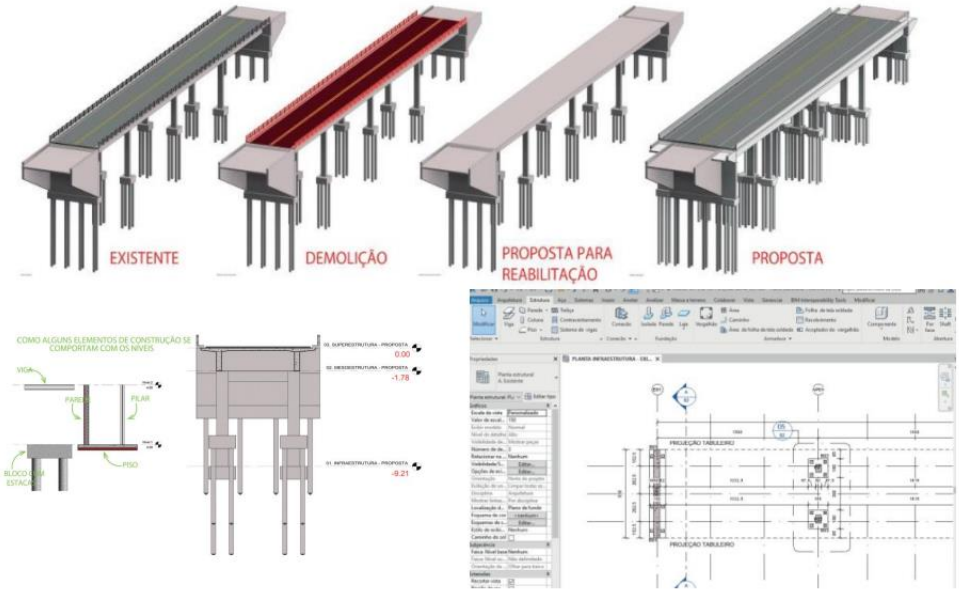
Fonte: Webinar BIM DNIT, 2021.

Figura 21: Pré-Projeto da Ponte Binacional Brasil-Bolívia.

Fonte: DNIT, 2023.

A parceria entre o DNIT e a Autodesk impulsionou a implementação do BIM no setor, com a realização de diversas ações, como treinamentos e outras iniciativas (Figura 22), visando otimizar a gestão de projetos e obras públicas.

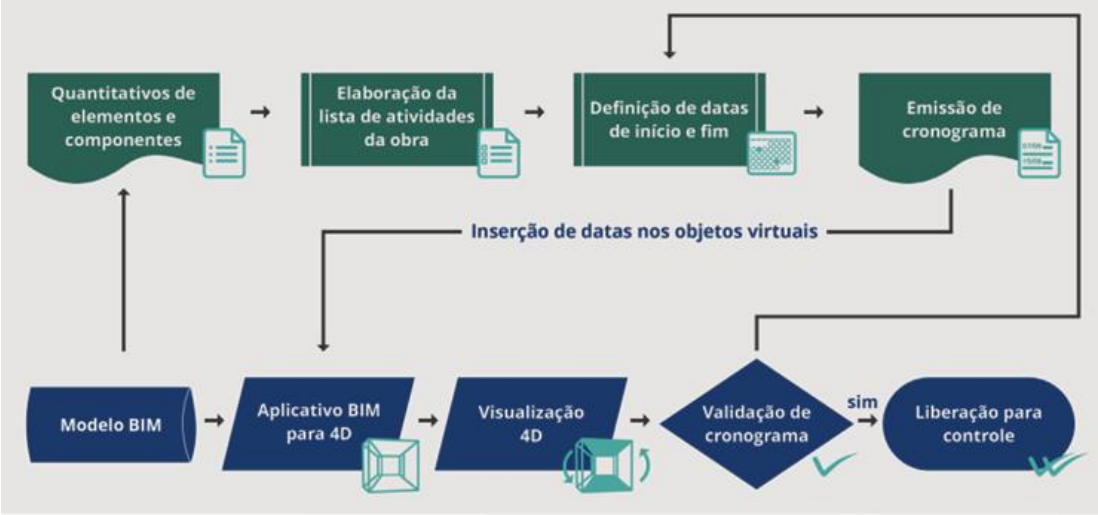
Figura 22: Projeto da OAE



Fonte: Webinar BIM DNIT, 2021.

Além das ações citadas o Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT (CRTBIM) é um documento de grande importância para a modelagem da informação pois orienta claramente a aplicação do BIM no desenvolvimento de modelos de engenharia, detecção de interferências, simulações computacionais, extração de documentos gráficos em 2D e 3D, planejamento (BIM 4D), orçamento (BIM 5D) e documentação. A Figura 22 apresenta um modelo de processo para o desenvolvimento do Plano de Execução das Obras do Modelo BIM.

Figura 22: BIM 4D.



Fonte: CRTBIM, 2023.

Para a ANTT, a Resolução nº 6.000 de 2022 estabelece um marco regulatório para o uso do BIM nas concessões rodoviárias, exigindo que concessionárias desenvolvam um Plano de Execução BIM (BEP) que contempla todos os requisitos técnicos e normativos atualizados da agência. A análise de planos de desenvolvimento e os modelos de anteprojetos e projetos executivos começaram a ser implementados, conforme relatado para o contrato da EcoRioMinas, CCR e outras concessões. No entanto, durante a pesquisa sobre a implementação do BIM nas concessões rodoviárias geridas pela ANTT, foi constatada uma limitação no acesso a dados detalhados, o volume de informações públicas sobre a execução prática e o acompanhamento desses projetos ainda é restrito. Os dados disponíveis sobre o progresso da metodologia, assim como sobre o BEP e os resultados alcançados em projetos específicos, são escassos e geralmente se limitam a relatórios gerais ou dados divulgados de maneira parcial.

A análise do Relatório Anual Circunstanciado de Atividades de 2023 revelou algumas informações pontuais, como a avaliação de Planos de Desenvolvimento de Projetos de Engenharia em BIM de determinadas concessionárias. No entanto, os detalhes específicos de cada projeto e o impacto prático do BIM nos processos de engenharia e gestão nas concessões vigentes não foram amplamente disponibilizados para consulta pública. Isso restringe a possibilidade de um estudo mais aprofundado dos resultados obtidos até o momento, uma vez que a ANTT ainda está em processo de adaptação e capacitação para análise e gestão de projetos utilizando a metodologia BIM.

Embora o papel essencial das concessões rodoviárias no Brasil e a expertise das empresas do setor na gestão de ativos de infraestrutura sejam amplamente reconhecidos, a falta de dados detalhados sobre a aplicação da metodologia BIM pela ANTT dificulta a plena compreensão do potencial dessa ferramenta. Essa lacuna revela a necessidade de aprimorar os processos de transparência e divulgação de informações, especialmente considerando os benefícios que o BIM pode trazer para a gestão de projetos e a otimização dos recursos públicos. À medida que o BIM se consolida como padrão na indústria da construção, a geração e a disponibilização de dados mais robustos e estruturados se tornarão cada vez mais importantes para a comunidade técnica e para a sociedade em geral.

5 CONCLUSÃO

O modal rodoviário desempenha um papel essencial no transporte no Brasil, sendo responsável pela movimentação da grande maioria das cargas e passageiros no país. Nesse contexto, a adoção do BIM nas obras de infraestrutura rodoviária surge como uma estratégia inovadora e eficaz, capaz de transformar a maneira como os projetos são planejados, executados e geridos. A implementação do BIM oferece vantagens consideráveis, como maior precisão, integração entre as equipes e a capacidade de identificar problemas de forma antecipada, resultando em redução de custos e prazos.

Este trabalho visou analisar a implementação da metodologia da informação no âmbito das rodovias federais brasileiras, considerando dados sobre o uso dessa tecnologia nas autarquias federais do DNIT e da ANTT. No caso do DNIT, a criação de um núcleo especializado em BIM e o uso de uma plataforma online para acompanhamento de obras, como no programa PROARTE, demonstram o compromisso da autarquia com a digitalização dos processos e com a transparência. Já a ANTT, por meio da Resolução nº 6.000/2022, estabeleceu normas para a utilização do BIM nas concessões rodoviárias, obrigando as concessionárias a desenvolverem Planos de Execução BIM, embora haja desafios na disponibilização de dados detalhados sobre a implementação prática.

Essas iniciativas refletem um alinhamento estratégico com políticas públicas que incentivam a adoção de tecnologias digitais, promovendo avanços no setor de infraestrutura e incentivando a integração de metodologias modernas, como o BIM, para a otimização de recursos públicos. Contudo, observa-se que a ANTT ainda enfrenta limitações no que diz respeito à transparência e ao acesso público a dados sobre o uso do BIM. Esse ponto indica a necessidade de aprimorar a divulgação de informações para que os benefícios e impactos da metodologia possam ser plenamente analisados e compreendidos pela sociedade e pela comunidade técnica. Com o avanço do BIM como padrão na indústria da construção, é essencial que o DNIT e a ANTT continuem evoluindo seus processos de gestão e acompanhamento de obras, fortalecendo a adoção dessa metodologia e consolidando seu uso no desenvolvimento de projetos de infraestrutura no Brasil.

6 REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BIM INFRAESTRUTURA SANTA CATARINA, 2021.

ANTT. Relatório Anual Circunstanciado de Atividades. 2023.

ANTT. Novos Projetos em Rodovias. 2024. Disponível em: < https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/novos-projetos-em-rodovias/>. Acesso em: 07 nov. 2024.

AUTODESK. BIM para Infraestrutura de Transportes Rodoviários. 2018. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/bim-para-infraestrutura-de-transportes-rodoviarios/>. Acesso em: 09 set. 2023.

AUTODESK. Produtos. 2024 Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/products>. Acesso em: 06 nov. 2024.

BENTLEY. Tecnologia em 3D ajuda no projeto do túnel rodoviário Karavanke. 2017. Disponível em: <https://www.seequent.com/pt-br/tecnologia-em-3d-ajuda-no-projeto-do-tunel-rodoviario-karavanke/ >. Acesso em: 20 nov. 2024.

BIBLUS. As dimensões do BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D. 2018. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. Decreto n°. 9983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Livreto Estratégia BIM BR. Brasília, DF, 2018, 36 p. Disponível em: <http://mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estratgia_BIM_BR6.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.

BUILDLAB. O contexto atual do BIM para infraestrutura no Brasil. 2022. Disponível em: <https://www.buildlab.academy/post/contexto-atual-do-bim-para-infraestrutura-no-brasil>. Acesso em: 25 set. 2023.

CBIC. Fundamentos BIM - Parte 1: implantação do BIM para construtoras e incorporadoras. 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/arquivos/CBIC_Disseminacao_BIM_parte_1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT. Pesquisa CNT de Rodovias 2023. Disponível em: <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 03 nov. 2024.
Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT (CRTBIM), 2023.

DNIT. Instituição BIM no DNIT. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/bim-no-dnit>. Acesso em: 11 set. 2023.

DNIT. Instituição BIM no DNIT. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/bim-no-dnit>. Acesso em: 06 nov. 2024.

DNIT. Estrutura Organizacional. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/acesso-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas/visao-geral-organizacional-e-ambiente-externo/estrutura-organizacional . Acesso em 06 nov. 2024.

EASTMAN, C. et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.

EASTMAN, Chuck et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Tradução de: Ayres Filho, Cervantes G. et al. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 483 p.

ENGENHARIAETC. BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM. 2015. Disponível em: <https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/>. Acesso em: 19 set. 2023.

ESTRATÉGIA BIM BR. Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM. 2018.

FERNANDES, Fábio Herrera et al. Da prancheta ao BIM: uma análise da evolução tecnológica na engenharia de projetos. Revista Edição 123, jun. 2023.

IBRACON. BIM traz racionalização ao processo construtivo. 2021. Disponível em: <https://site.ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/Concreto_blog/press-releases/bim/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Modelos de concessão de rodovias no Brasil, no México, no Chile, na Colômbia e nos Estados Unidos: evolução histórica e avanços regulatórios. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Brasil em Desenvolvimento, Estado, Planejamento e Política. 2011

NOVA CIVIL. BIM: tudo o que você precisa saber sobre a metodologia. 2019. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/oqueebim/>. Acesso em: 17 set. 2023.

MAPDATA. Como montar um Plano de Execução BIM (BEP) com as soluções Autodesk.2022. Disponível em: <https://mapdata.com.br/blog/artigo/plano-execucao-bim-bep-autodesk>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology. 2012.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Rodovias brasileiras. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/conteudo/rodovias-brasileiras>. Acesso em: 02 nov. 2024.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. Revista de Engenharia Civil, n. 55, p. 47-61, 2018.

OLIVEIRA, J. F. Desafios da infraestrutura rodoviária no Brasil. Revista de Logística e Transporte, v. 12, n. 1, p. 33-45, 2018.

PAIC. Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2012/2021. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Estatísticas Estruturais e Temáticas em Empresas.

PRETTI, Soraya Mattos. Engenharia Simultânea em construtoras incorporadoras: uma análise de maturidade. 2013. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SIENGE. Do 3D ao 7D – entenda todas as dimensões do BIM. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 22 set. 2023.

TEM, Trans-European North-South Motorway. Building Information Modelling (BIM) for road infrastructure: TEM requirements and recommendations.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO – TCU. Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas. 2015.

WEBINAR BIM DNIT. Palestras e webnários, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/mosaico-de-servicos/videos-bim/palestras-e-webinarios>. Acesso em 07 nov. 2024.