



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



JÚLIA SANTOS PEREIRA

**PLATAFORMA BIM: USO OBRIGATÓRIO E APLICAÇÃO
NA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.**

OURO PRETO

2022

JÚLIA SANTOS PEREIRA

**PLATAFORMA BIM: USO OBRIGATÓRIO E APLICAÇÃO
NA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.**

Trabalho de conclusão de curso para
obtenção do título de graduação em
Engenharia Civil apresentado à
Universidade Federal de Ouro Preto
-UFOP.

Orientador: Eng. M. Sc Hebert da
Consolação Alves - UFOP

OURO PRETO

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P436p Pereira, Julia Santos.

Plataforma BIM [manuscrito]: uso obrigatório e aplicação na infraestrutura de transporte. / Julia Santos Pereira. - 2022. 61 f.

Orientador: Me. Hebert da Consolação Alves.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Plataforma aberta da Web - Plataforma BIM. 2. Modelagem da Informação e da Construção (MIC). 3. Transporte - Infraestrutura Terrestre. 4. Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT). 5. Interconexão em rede (Telecomunicações). 6. Building Information Modeling (BIM). I. Alves, Hebert da Consolação. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Júlia Santos Pereira

Plataforma BIM: Uso obrigatório e aplicação na Infraestrutura de Transportes

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Aprovada em 07 de novembro de 2022

Membros da banca

Engº M.Sc. Hebert da Consolação Alves-Orientador-Universidade Federal de Ouro Preto
Profº D.Sc. Ronderson Queiroz Hilário-Universidade Federal de Minas Gerais
Profª M.Sc. Grazielle Rocha dos Santos-Universidade Federal de Ouro Preto

Hebert da Consolação Alves, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 08/11/2022



Documento assinado eletronicamente por **Hebert da Consolacao Alves**, **TECNICO DE LABORATORIO AREA**, em 07/11/2022, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0423257** e o código CRC **CD2D4BE7**.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus pela chuva de bençãos em minha vida, pela sabedoria em mim depositada e pela oportunidade de concluir mais esse ciclo.

Ao meu marido, minha mãe, minhas irmãs, sobrinho e toda a minha família pelo apoio incondicional, pelo carinho e por toda a compreensão e paciência que tiveram comigo durante todo esse trajeto.

Ao Eng. Me. Herbert da Consolação Alves por todo apoio e orientação durante a execução deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os professores e colegas de classe pela convivência e troca de experiências que tivemos durante todo o curso. Em especial a Viviane, amiga e companheira nessa jornada.

RESUMO

O BIM (*Building Information Modeling*) é uma plataforma de modelagem da informação que permite inovação e automação da construção civil. Esta tem demonstrado excelentes benefícios quando aplicada a planejamento, projeto, execução e manutenção de obras. Apesar disso, a metodologia BIM tem sido aplicada muito mais a obras civis, como edifícios, quando comparado a obras de infraestrutura terrestre. Ainda que este tipo de obra apresente maior complexidade, necessite de uma grande quantidade de investimento e se mostre altamente deficitária no país, a aplicação do BIM tem se mostrado restrita e bastante atrasada no setor. Tendo em vista a grande importância e as elevadas demandas das obras de infraestrutura terrestre no Brasil, visou-se neste trabalho avaliar a utilização do BIM neste tipo de setor e mostrar, através do estudo de caso, como está evoluindo a sua implementação no Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT). Observa-se que várias estratégias foram criadas com intuito de facilitar a disseminação da Modelagem da Informação da Construção, dentre elas a Estratégia BIM e o Núcleo BIM. Cada uma delas possui objetivos específicos, mas ambas almejam aumentar a utilização do BIM dentro e, posteriormente, fora do DNIT. Até então, as duas estratégias têm se mostrado bem estruturadas e apresentam bom funcionamento. Como observado na última pesquisa de níveis maturação, o desenvolvimento dessa implantação tem ocorrido de maneira satisfatória.

Palavras-chave: Obras de Infraestrutura Terrestre, Modelagem da Informação, *Building Information Modeling*, Interoperabilidade, Automação, modelos parametrizados, Gerenciamento de Projetos, Modelagem 3D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Investimento em transporte por modal.	16
Figura 2: Malha rodoviária brasileira.	18
Figura 3: Percentual da extensão de rodovias federais pavimentadas por região no Brasil.	19
Figura 4: Representação de Rodovias Radiais.	21
Figura 5: Representação de Rodovias Longitudinais.	22
Figura 6: Representação de rodovias transversais.	23
Figura 7: Representação de rodovias diagonais.	24
Figura 8: Exemplos de tipos de Rodovias em MG.	26
Figura 9: Disposição das camadas genéricas de pavimentos rodoviários.	27
Figura 10: Total movimentado por tipo de navegação em milhões de tonelada, no 1º trimestre de 2022.	32
Figura 11: Participação por perfil de carga em % de tonelada, no primeiro trimestre de 2022.	33
Figura 12: Dimensões do BIM.	37
Figura 13: Fases da implementação do BIM no Brasil.	42
Figura 14: Resultados da pesquisa sobre benefícios e crescimento da implementa do BIM em obras de infraestrutura.	45
Figura 15: Integração entre BIM e GIS.	46
Figura 16: Projeto de terraplanagem feito com o auxílio da plataforma BIM. ...	47
Figura 17: Análise de interferências para obras de drenagem urbana utilizando a metodologia BIM.	48
Figura 18: Histórico BIM no DNIT.	51
Figura 19: Base legal da implementação do BIM pelo DNIT.	51
Figura 20: Fases í para a implementação do BIM no DNIT.	53
Figura 21: Implementação da plataforma BIM.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produtos transportados pelo modal ferroviário.	29
--	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1.	OBJETIVOS.....	14
1.1.1.	OBJETIVOS GERAIS.....	14
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1.	INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.....	15
2.1.1.	TRANSPORTE RODOVIÁRIO	16
2.1.2.	TRANSPORTE FERROVIÁRIO.....	28
2.1.3.	TRANSPORTE AQUAVIÁRIO	31
2.1.4.	TRANSPORTE AEREOVIÁRIO.....	34
2.2.	PLATAFORMA BIM	36
2.2.1.	IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO MUNDO	39
2.2.2.	IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO BRASIL.....	40
2.2.3.	BIM APLICADO NA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE NO MUNDO E NO BRASIL.....	43
2.2.4.	ALGUMAS DAS APLICABILIDADES DO BIM NA INFRAESTRUTURA	46
2.2.5.	O USO DA PLATAFORMA BIM EM PROJETOS DE ESTRADAS E PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS	49
3.	ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DO BIM PELO DNIT	51
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

O transporte objetiva movimentar bens e pessoas, sendo seu foco principal disponibilizar cada tipo de produto no momento e local em que exista demanda por ele, ou seja trata-se de um meio de ligação entre o emissor do bem e seu consumidor final. Não se sabe exatamente quando e onde o homem começou a transportar objetos, acredita-se apenas que essa necessidade surgiu quando ele deixou de ser nômade e passou a se fixar em um local de forma definitiva. (Filho, 2012)

À medida em que o ser humano se tornou agrário, deu-se início a um processo de desenvolvimento que demandava o transporte de bens para a realização de trocas de produtos. Como, a princípio, essa movimentação era feita à base da força humana o volume transportado era limitado. Surgindo a necessidade de se deslocar maiores quantidades o homem passou a empregar tração animal, que inicialmente eram utilizados para arrastar materiais e, posteriormente, para loco movê-las sobre veículos, como carroças. (Filho, 2012)

A invenção da roda foi um marco importantíssimo para a evolução do transporte. Possibilitando o transporte terrestre e, mais tarde, os transportes aquaviários e aéreos.

A infraestrutura de transporte é a parte da engenharia civil que cria e constrói sistemas que permitem o transporte de bens e de pessoas. Estes incluem rodovias, ferrovias, aeroportos, hidrovias, canais, tubulações e terminais de embarque e desembarque. Os modos de transporte são as denominações dadas as inúmeras maneiras de se transportar as mercadorias e/ou as pessoas. (Vitorino, 2015). De acordo com Vitorino (2015), eles podem ser divididos em três categorias:

- Terrestre: ferroviário, rodoviário e dutoviário.
- Aquaviário: marítimo, fluvial e lacustre.
- Aéreo: pelo ar.

No território brasileiro a infraestrutura de transporte é tem participação relevante do modo rodoviário. Quanto a distribuição das ferrovias e hidrovias,

estas são bastante reduzidas e muito pouco exploradas. Atualmente, os trechos ferroviários são utilizados para transportar commodities, principalmente minério de ferro e grãos provenientes da agroindústria. As hidrovias também são predominantemente destinadas a este fim, transportando grãos, minérios, insumos agrícolas, petróleo e seus derivados, produtos de baixo valor agregado e cuja produção e transporte em escala trazem competitividade. Uma distribuição inteligente e, de preferência mista, da logística de transporte é muito importante para o desenvolvimento de um país, principalmente para os de grande extensão territorial tal qual o Brasil.

Pensando na importância e no alto valor empregado neste setor, vê-se que além da logística existem vários outros pontos que merecem uma atenção especial. Dentre eles os parâmetros de construção: largura da via, bitola dos trilhos, espessura das camadas de base de um pavimento, materiais a serem utilizados, espessura do pavimento, pontos de drenagem, entre outros. Os pontos apresentados devem ser bem abordados e ter muita ênfase na fase de elaboração dos projetos.

É, portanto, indispensável para a infraestrutura de transporte a utilização de ferramentas que permitam uma otimização do planejamento do projeto bem como a redução de custo e de tempo. Percebe-se a necessidade da utilização de programas que facilitem a integração dos vários projetistas, possibilitem a inserção de detalhes em cada parte da obra e de informações sobre seus materiais, minimizem erros etc. A plataforma BIM vem sendo amplamente empregada em diversos países, por se tratar de um conjunto de softwares que possibilitam a interoperabilidade e a inserção de variáveis tais como tempo, custo, energias, entre outros, dentro da própria plataforma. (BRANDÃO, 2014).

A tecnologia BIM, *Building Information Modeling* no inglês, que no Brasil se traduz como Modelagem da Informação da Construção é uma metodologia que permite o gerenciamento de projetos de forma digital. Este possibilita a criação de um modelo 3D da obra, proporcionando a união de informações e detalhes de vários projetos. Essa plataforma permite inserir informações úteis tais como insumos, metragem e espessura, em cada ponto da planta. Desta forma facilita inúmeras etapas como o planejamento, serviços preliminares, orçamento, fundações, estruturas, instalações elétricas e hidrosanitárias. Além

de possibilitar que as equipes trabalhem de forma integrada e colaborativa. (Martins & Rodrigues Júnior, 2019)

Quando aplicada na infraestrutura de transporte o BIM otimiza construção de pontes, estradas e rodovias, mas também pode desempenhar papel importante em terraplanagem e movimentação de terra. Por estar baseado na interoperabilidade e em modelagem 3D facilita desde a fase de projeto até a fase de execução da obra, principalmente por permitir atualizações automáticas do projeto. Contudo, esta ferramenta tem sido mais empregada no setor de construção civil que na infraestrutura de transporte. Dados mostram que em 2012 a aplicação do BIM em projetos de edificações encontrava-se cerca de três vezes mais avançada que à sua utilização em obras de infraestrutura. (Lima, 2019).

Diante desse cenário é possível se observar a importância de estudos que viabilizem e incentivem o emprego da plataforma BIM na infraestrutura de transporte.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVOS GERAIS

Este estudo tem como objetivo geral reafirmar a obrigatoriedade da utilização da plataforma BIM e verificar sua aplicabilidade na infraestrutura de transporte. O estudo de caso deve permitir avaliar como está ocorrendo a implementação do BIM no DNIT.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos listados tendem auxiliar o desenvolvimento do trabalho. São eles:

- Apresentar conceitos da metodologia BIM.
- Mostrar o atual cenário da Infraestrutura de transporte no Brasil.
- Identificar as principais vantagens que a utilização da metodologia BIM traz para as obras de infraestrutura de transporte.
- Avaliar o uso da plataforma BIM para otimização de processos em obras de infraestruturas terrestre.
- Avaliar como está sendo a implementação obrigatória do BIM no Brasil.
- Estudo de caso: mostrar o processo de implementação da plataforma BIM pelo DNIT.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

A infraestrutura de transporte no Brasil caminha vagarosamente e apresenta inúmeros problemas, a começar pela alta dependência que se têm com relação ao modal rodoviário e o baixo investimento e utilização dos demais modais. (IBGE, 2014).

A rodovia é o maior transportador de cargas no país, o que acarreta em vias desgastadas e de baixa qualidade. Resende (2022, p. 1), afirma que o Brasil possui “rodovias e ferrovias em estado precário, mal conservadas. Aeroportos com pequena capacidade para transporte de cargas, além de terminais portuários ineficientes e operando com excesso de burocracia.” No que diz respeito ao modal ferroviário, o território brasileiro possui baixa densidade de ferrovias ou ausência de corredores ferroviários, principalmente nas fronteiras agrícolas no Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil. Sendo utilizada basicamente para transporte de minério de ferro. Com relação aos portos brasileiros, eles são ineficientes, devido á falta de investimento histórico. Além disso, a falta de modernização, a grande burocracia e a influência política promovem a realidade de poucos portos com muito volume movimentado. Os aeroportos possui pequena representatividade na matriz de transporte brasileira. Além de deter baixa qualidade de serviço, o transporte de carga nesse modal é quase inexistente. (Resende, 2022)

Até Agosto de 2022, houve no Brasil, através de Investimentos da União e das estatais, um investimento de 5,29 bilhões de reais nos modais de transporte. Por se tratar do modal de maior relevância no país, o modal rodoviário foi o que recebeu a maior parte do recursos, uma porcentagem de 73,52%, como pode ser observado na Figura 1. Os demais modais obtiveram uma pequena parte deste investimento. (CNT, 2022a)

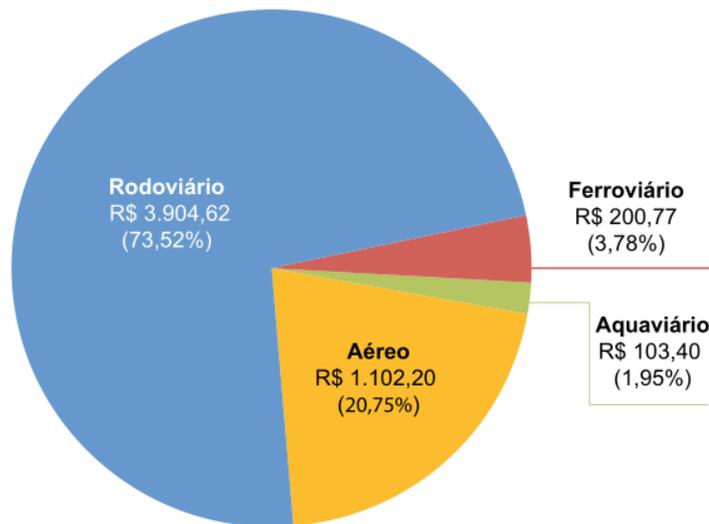


Figura 1: Investimento em transporte por modal.

Fonte: (CNT, 2022a)

Atualmente o país apresenta custos de logística que correspondem a 20% do PIB, valor bastante elevado quando comparados a outros países. Ainda assim apresentam modais ineficientes, que necessitam de melhorias para poderem funcionar de forma efetiva. De modo geral, pode-se concluir que os modais de transporte precisam não somente de investimento, mas atitudes de que visem suas melhorias. (DNIT, 2022e)

2.1.1. TRANSPORTE RODOVIÁRIO

No Brasil, a primeira estrada pavimentada foi iniciada no fim do século XVIII pelo governador de São Paulo, Bernardo José de Lorena. E com a subsequente redução do ritmo de expansão do modal ferroviário, e a visão negativa que se obteve do mesmo, as rodovias foram construídas como uma alternativa de rede de transporte terrestre de abrangência nacional. Este fato acarretou a dependência atual que se tem com relação ao modal rodoviário para o transporte de pessoas e de mercadorias (RODRIGUES LANZA, 2020).

O modal rodoviário é importantíssimo para a infraestrutura de transporte, uma vez que constitui um elo entre os demais modais de transporte. Em um

contexto de multimodalidade ele está sempre presente nas etapas iniciais e/ou finais das cadeias de transporte.

A matriz de transporte brasileira tem participação relevante do modal rodoviário, o qual concentra cerca de 65% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros. Em 2009, 61,1% de toda a carga transportada no país foi distribuída pelo modal rodoviário, 21% por ferrovias, 14% pelas hidrovias e terminais portuários fluviais e marítimos e 0,4% por vias aéreas. No que se refere ao transporte público urbano, uma pesquisa realizada em nove capitais brasileiras (Belo Horizonte, Curitiba, Goiânia, Fortaleza, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador), mostra que em 2020 foram transportados 189,8 milhões de passageiros. Isso representa uma queda de 35,4% quando comparado à 2019. (IBGE, 2014)

A malha rodoviária brasileira possuía 1.720.900 Km de extensão total, em 2019. Como demonstrado na Figura 2, deste montante: 78,5% são não pavimentadas; 12,4% são pavimentadas e 9,1% são planejadas. Da totalidade de rodovias avaliadas em 2020, 61,9% apresentaram algum tipo de problema no estado geral. Sendo que 52,2% apresentaram problema no pavimento; 58,9% deficiência na sinalização e 62,1% possuíam falhas em sua geometria. (CNT, 2021)

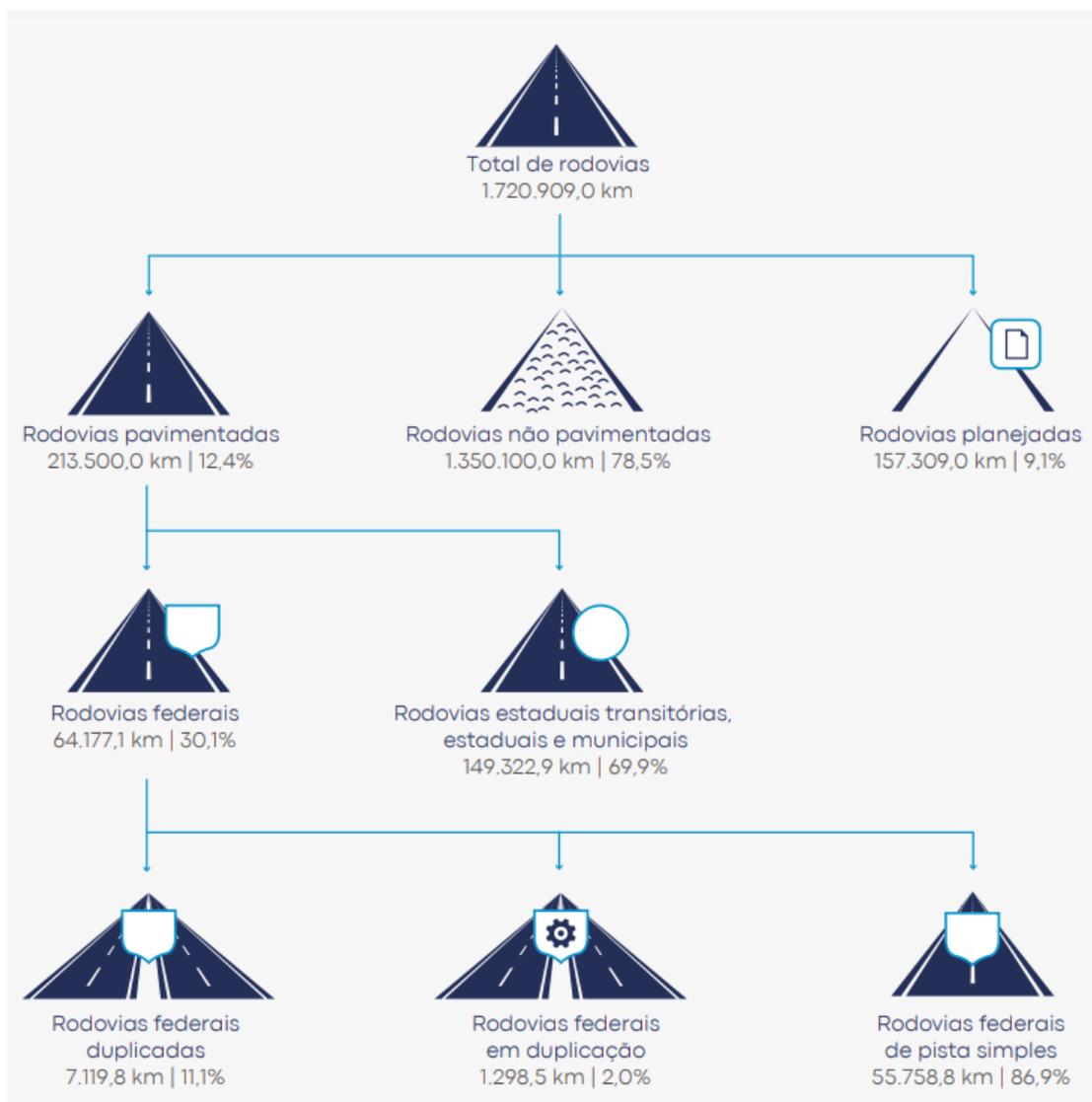


Figura 2: Malha rodoviária brasileira.

Fonte (CNT, 2021).

Aos longos dos anos sua evolução foi insuficiente tanto para acompanhar as crescentes demandas internas de transporte, quanto para minimizar as disparidades em relação a outros países. No período de 2010 a 2020, foi observado um aumento de 3,7% nas rodovias sob jurisdição federal. Considerando as demais jurisdições, para esse mesmo período, houve um crescimento de 9,1% na rede pavimentada. (CNT, 2021)

Tendo em vista a expressiva participação do modal rodoviário na matriz de transporte brasileira, e os dados apresentados acima, é possível observar que há poucos trechos pavimentados no país, quando comparado a sua grade extensão. Ademais, a desigualdade na distribuição das infraestruturas no Brasil

interfere diretamente nas potencialidades e desenvolvimento econômico e social em suas regiões. Como pode-se observar na Figura 3, as rodovias federais pavimentadas concentram-se no Nordeste, Sudeste e Sul do país. Isso é reflexo do processo de colonização, onde estas regiões se tornaram os principais polos de produção de mercadorias e da exploração de ouro. A região Norte, apesar de ocupar 45,3% do território nacional, tem reduzida extensão de rodovias pavimentadas. (CNT, 2021)

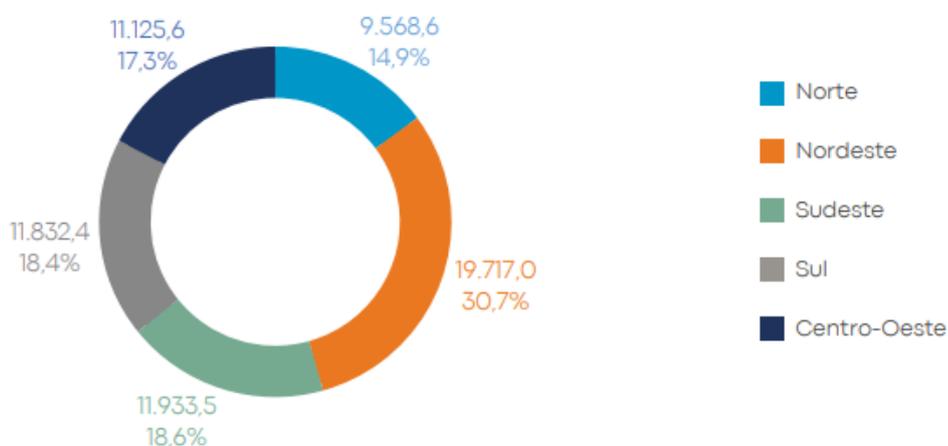


Figura 3: Percentual da extensão de rodovias federais pavimentadas por região no Brasil.

Fonte: (CNT, 2021)

Segundo o *ranking* de competitividade global do fórum Econômico Mundial em sua avaliação relativa as rodovias, que apresenta indicadores de competitividade relativas à conectividade entre as maiores cidades de cada país e a qualidade da via, o Brasil foi classificado na 93ª posição. Considerando que foram avaliados um total de 141 países, é possível averiguar sua clara desvantagens em relação aos demais. Esse resultado negativo, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, são decorrentes da deficiência de planejamento, execução e manutenção das rodovias. (CNT, 2021)

Os usuários do modal rodoviário enfrentam problemas de escassez de infraestrutura e falta de cuidado com a malha existente. O que reflete em viagens e fretes de alto custo, elevado tempo de entrega, falta de segurança e aumento no custo final de mercadorias. (CNT, 2022c)

A fim de sanar os problemas enfrentados por este modal de transporte o CNT (2022c) apresenta algumas soluções:

- Aumentar o montante de recursos públicos designado ao investimento de manutenção e expansão da malha rodoviária.
- Atualizar as normas técnicas construtivas do país.
- Utilizar de parcerias público-privadas (PPPs) patrocinadas para a manutenção das rodovias.
- Incentivar o aumento da participação privada por meio de novas concessões.
- Maior agilidade nos projetos de relicitação das concessões rodoviárias.
- Viabilizar a utilização de novas tecnologias que visem aumentar a produtividade e segurança nas rodovias.
- Propor melhorias na segurança viária.

2.1.1.1. CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS FEDERAIS

Segundo o DNIT, as rodovias federais podem ser divididas em 5 classes distintas:

- 1) **Rodovias radiais:** são aquelas que se iniciam em Brasília, Capital Federal, em direção aos extremos do país, como demonstrado na Figura 4.



Figura 4: Representação de Rodovias Radiais.

Fonte: (DNIT, 2022g).

São nomeadas como: BR-0XX. A numeração dessas rodovias pode variar de 05 a 95, seguindo a razão numérica 05 e no sentido horário.

- 2) **Rodovias Longitudinais:** são aquelas com a quilometragem iniciada a partir do litoral, e que cortam o país na direção Norte-Sul, tal como na Figura 5.

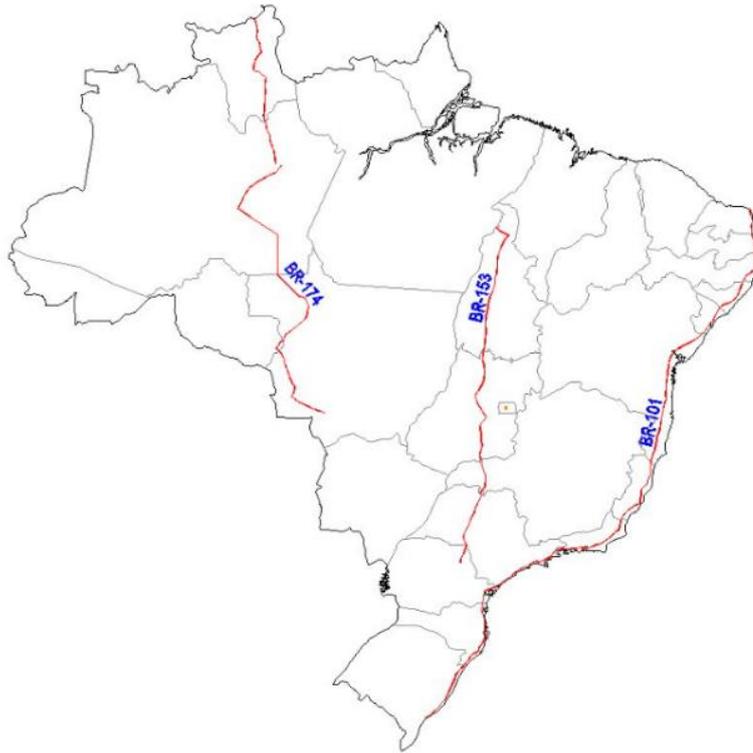


Figura 5: Representação de Rodovias Longitudinais.

Fonte: (DNIT, 2022g).

São nomeadas como: BR-1-XX. O primeiro algarismo é sempre o 1 (um). Os demais algarismos restantes variam de 00, no extremo leste do país, a 50, na Capital; e de 50 a 99, no extremo oeste. O número da rodovia é determinado por interpolação entre 00 e 50, se a rodovia estiver a leste de Brasília, e entre 50 e 99, se estiver a oeste; em função de sua distância da Capital Federal.

- 3) **Rodovias transversais:** são rodovias que cortam o país na direção Leste-Oeste, como representado na Figura 6.

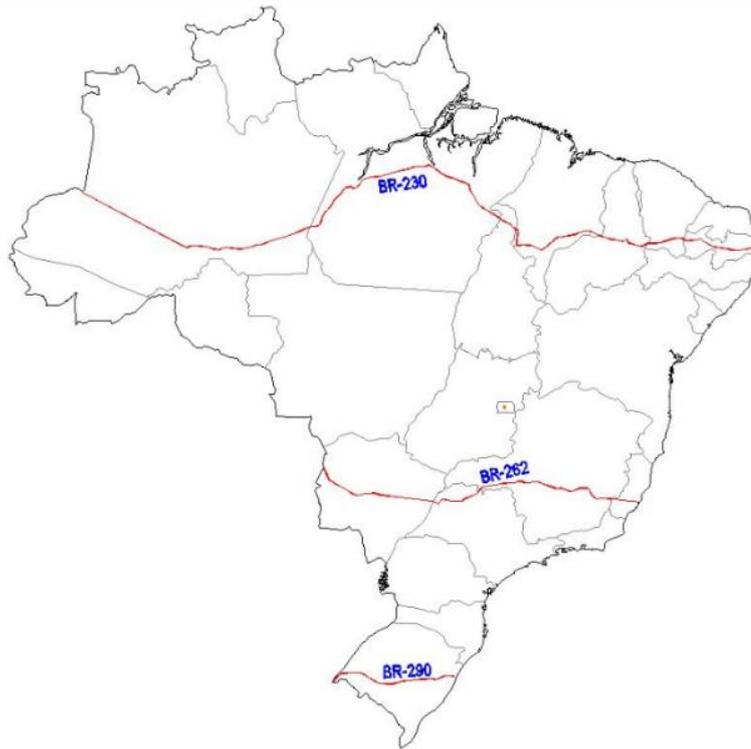


Figura 6: Representação de rodovias transversais.

Fonte: (DNIT, 2022g)

São nomeadas da seguinte forma: BR-2XX. Sendo o primeiro algarismo 2 (dois), e os demais variando entre 00, no extremo norte do país, a 50 na Capital Federal; e de 50 a 90 no extremo sul. Da mesma forma que a anterior, o número da rodovia é obtido por interpolação, entre 00 e 50 se estiver ao norte de Brasília, e de 50 a 99 se estiver ao sul; em função da distância da rodovia ao paralelo da Capital Federal.

- 4) **Rodovias Diagonais:** podem ser apresentados por dois modos de orientação: Noroeste-Sudeste ou Nordeste-Sudoeste, como se observa na Figura 7.



Figura 7: Representação de rodovias diagonais.

Fonte: (DNIT, 2022g).

São nomeados da seguinte forma: BR-3XX. Para as diagonais orientadas na direção geral NO-SE a numeração varia, segundo números pares, de 00 quando próximos ao extremo Nordeste do país, 50 em Brasília; e de 50 a 98 no extremo Sudoeste. Os números são obtidos por interpolação entre os limites consignados, em função da distância da rodovia a uma linha com direção Noroeste-Sudeste, passando pela Capital Federal. Já para as diagonais orientadas na direção geral NE-SO a numeração varia segundo números ímpares, variando de 01 no extremo Noroeste do país, a 51 em Brasília, e de 51 a 99 no extremo Sudeste. O número da rodovia é obtido também através de interpolação entre os limites consignados, em função da distância da rodovia a uma linha com a direção Nordeste-Sudoeste, passando por Brasília.

- 5) **Rodovias de ligação:** são rodovias que se apresentam em qualquer direção, geralmente ligam rodovias federais, ou pelo menos uma rodovia federal a uma cidade, a pontos importantes ou a fronteiras internacionais.

A nomenclatura se dá como: BR-4XX. A numeração varia entre 00 e 50 se a rodovia estiver ao norte do paralelo da Capital Federal, e entre 50 e 99 se estiver ao sul desta referência.

As Rodovias Estaduais são nomeadas de maneira bastante semelhante, é definida pela justaposição do prefixo do estado, como exemplo MG para Minas Gerais, a três algarismo. O primeiro deles indicando sua categoria:

- 0(zero): Rodovias Radiais. Aquelas que partem da Capital do Estado para qualquer direção, promovendo a ligação de importantes pontos do Estado.
- 1 (um): Rodovias Longitudinais. São as que orientam na direção Norte-Sul, atravessando o Estado, conectando as divisas interestaduais.
- 2 (dois): Rodovias Transversais. Rodovias que se orientam na direção Leste-Oeste, atravessando o Estado, conectando as divisas.
- 3 (três): Rodovias Diagonais. São as que se orientam nas direções Nordeste-Sudoeste e Noroeste-Sudeste, atravessando o Estado, permitindo a integração de várias regiões dele.
- 4, 5, 6 (quatro, cinco e seis): Rodovias Ligações. Seguem em qualquer direção, não se enquadrando nas categorias precedentes e ligando pontos importantes de interesse estadual.

Os outros dois algarismos, no caso das Rodovias Longitudinais, Transversais e Diagonais, indicarão a posição da rodovia em relação a Capital. Para qualquer categoria de rodovia, os dois últimos algarismos poderão variar de 0 (zero) a 99 (noventa e nove). (Governo do Estado - Paraná)

A Figura 8 demonstra alguns tipos de Rodovias no Estado de Minas Gerais:

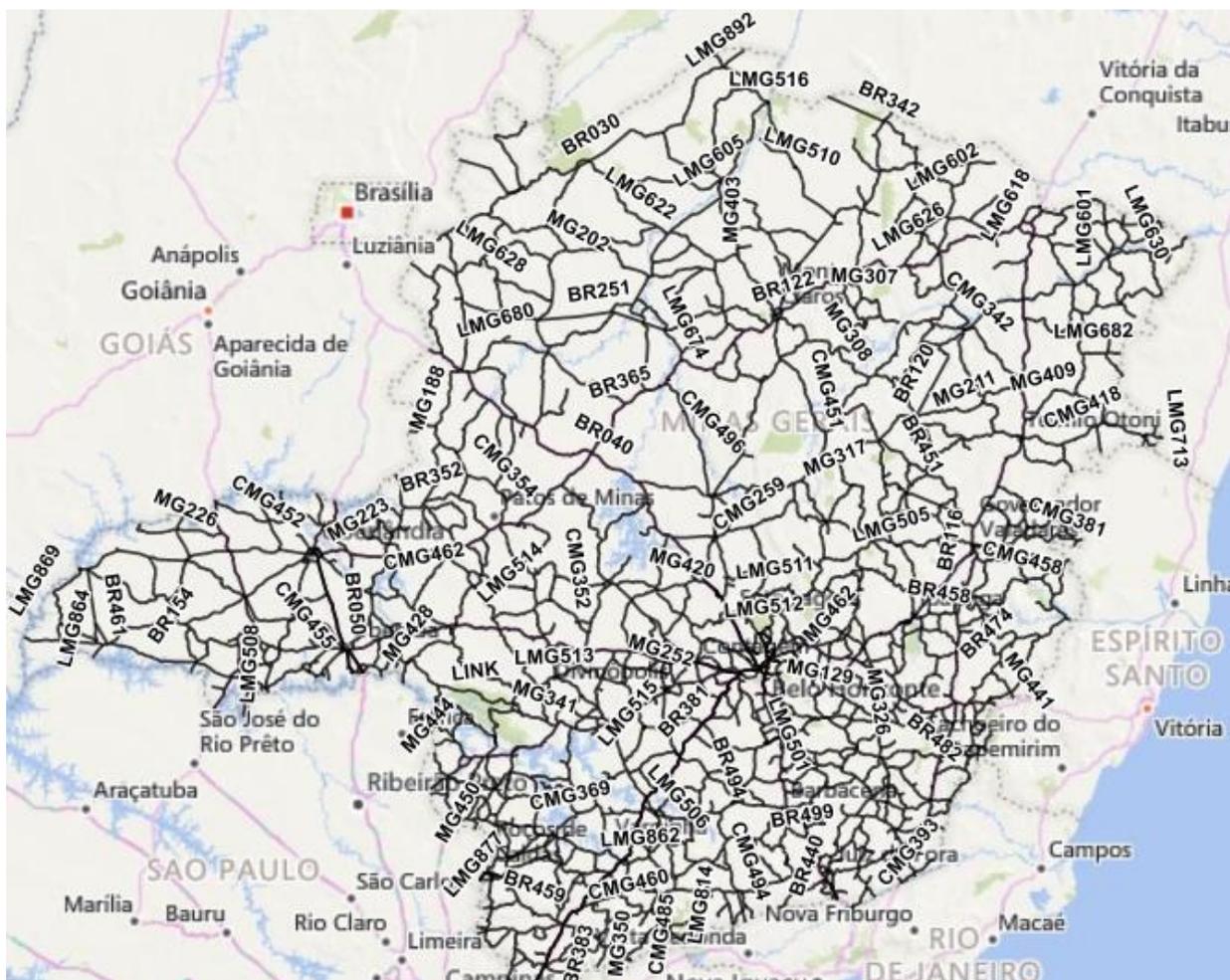


Figura 8: Exemplos de tipos de Rodovias em MG.

Fonte: (DER MG)

2.1.1.2. PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

A pavimentação deve suportar os efeitos do clima, permitir o deslocamento suave e não causar desgaste excessivo dos pneus ou elevados níveis de ruídos. Deve, também, resistir ao fluxo de veículos, permitir o escoamento da água na sua superfície e, por fim, ter boa resistência a derrapagens (CNT, 2021).

Para atingir a essas finalidades, ela deve ser composta por camadas que distribuam as solicitações de carga, limitando as tensões e as deformações de forma a garantir um bom desempenho da via durante um longo período. Os pavimentos devem possuir no mínimo as camadas de revestimento e base. Quando necessário pode-se construir camadas complementares à base, tais

como revestimento, sub-base, reforço do subleito e subleito, como é verificado na Figura 8. (Balbo, 2007).

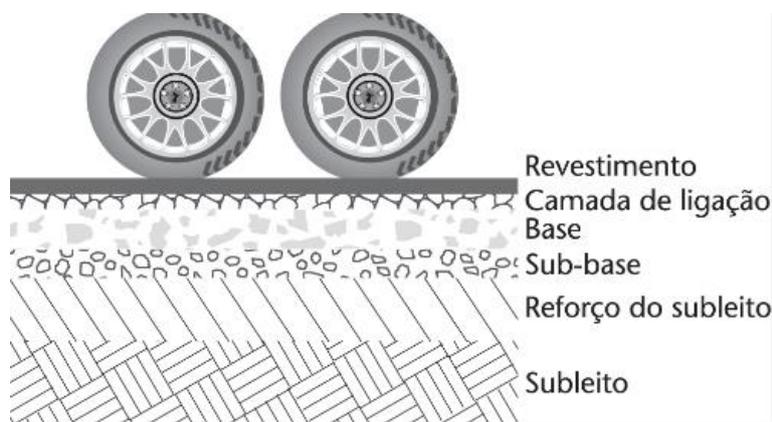


Figura 9: Disposição das camadas genéricas de pavimentos rodoviários.

Fonte: (Balbo, 2007).

O revestimento é responsável por receber as cargas estáticas ou dinâmicas sem sofrer grandes deformações, desagregação de componentes ou perda de compactação. É essencial que seja composto por materiais bem aglutinados ou dispostos de forma a evitar sua movimentação horizontal. (Balbo, 2007).

O subleito é a camada onde os esforços impostos sobre sua superfície são aliviados em profundidade. É, portanto, em sua camada superior que os esforços solicitantes atuam com maior magnitude. Geralmente é constituído por materiais naturais consolidado e compactado ou por material transportado e compactado. Os reforços de subleito são formados por solos de resistência reduzida para esforços verticais. (Balbo, 2007).

As camadas de bases e sub-bases são responsáveis por aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores, além de desenvolverem um importante papel na drenagem subsuperficial dos pavimentos. Como a camada de base necessária para desempenhar tais funções seria muito espessa criou-se a camada de sub-base com intuito de minimizar custos. Ambas as camadas podem ser compostas por solos estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados, brita graduada, brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado

quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, concreto, entre outro. (Balbo, 2007)

Os pavimentos podem ser classificados devido ao seu material ou ao seu comportamento mecânico. Quando se leva em consideração o material tem-se a seguinte divisão para os pavimentos: concreto, asfáltico, blocos de concreto, semirrígido, full depth asphalt ou asfáltico rígido-híbrido. Quando se considera o comportamento mecânico os pavimentos podem ser rígidos, flexíveis ou compostos. (Balbo, 2007).

O pavimento rígido é aquele no qual uma camada, que absorve grande porcentagem dos esforços horizontais solicitantes, gera pressões verticais significativamente reduzidas e bem distribuídas sobre as camadas subsequentes. O pavimento flexível é aquele em que a absorção do esforço é dividida entre as várias camadas, transferindo tensões verticais às camadas inferiores, concentradas em regiões próximas da área de aplicação da carga. Já a pavimentação composta exige uma ação composta onde a fibra inferior da camada superior trabalha sujeita à tração e a camada inferior aderida complementa a zona de tração (Balbo, 2007).

2.1.2. TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Até a chegada das ferrovias o transporte brasileiro de mercadorias se dava por forças animais em estradas carroçáveis. As ferrovias começaram a surgir no Brasil durante o ciclo do café, a malha ferroviária passou a ser implementada em 1854 na cidade do Rio de Janeiro, com a construção da Estrada de Ferro de Mauá. Esta possibilitava a integração entre as modalidades de transporte aquaviária e ferroviária. O desenvolvimento da ferrovia que liga a cidade do Rio de Janeiro a de São Paulo foi um marco de suma importância para o país, já que essas eram as duas cidades mais importantes do Brasil. (DNIT, 2022c)

As principais mercadorias movimentadas por esse setor são produtos de baixo e médio valor agregado tais como: matérias-primas, produtos agrícolas, produtos de extração mineral, produtos semi-industrializados, líquidos e

combustíveis e produtos industriais de menor valor; mercadorias cujo valor do frete representa uma parte significativa do preço final do produto. O minério de ferro é o principal produto transportado por este modal, como é apresentado na Tabela 1, correspondendo 73% do total movimentado; sucedido pelo complexo de soja, que representa 5,18% da movimentação. Os dados da tabela são valores médios dos anos de 2010, 2011 e 2012. (CNT, 2013b)

Tabela 1: Produtos transportados pelo modal ferroviário.

Subproduto/Mercadoria	Participação Média (%)
Minério de Ferro	73,94
Soja	5,18
Milho	3,79
Indústria Siderúrgica	2,94
Farelo de soja	2,25
Granéis Minerais	2,14
Combustíveis, Derivados do Petróleo e Álcool	2,11
Açúcar	2,01
Adubos e Fertilizantes	1,41
Carvão/Coque	1,29
Cimento	0,66
Container	0,60
Extração Vegetal e Celulose	0,58
Indústria Cimenteira e Construção Civil	0,54
Produção Agrícola (menos açúcar e milho)	0,52
Carga Geral – Não Containerizada	0,05
Total Geral	100

Fonte: (CNT, 2013b).

A política de incentivo à construção de ferrovias, via investimento privado, adotado pelo governo brasileiro acarretou consequências que se mantem até os dias atuais. Dentre elas a grande diversidade de bitolas existentes em suas

ferrovias, o que gera obstáculo para a integração operacional entre elas; e estradas com traçados extremamente sinuosos e extensos, sendo elas dispersas e isoladas ao longo do país. (DNIT, 2022c)

As qualidades verificadas no Sistema Ferroviário Nacional também são resultadas dos avanços que as concessões à iniciativa privada possibilitaram. Entre elas tem-se o aumento de tonelagem transportada, aumento do nível de segurança e, por fim, tornaram as concessionárias responsáveis pelos investimentos na manutenção da malha concedida a ela. (CNT, 2013b)

A malha ferroviária alcançou, em 2012, 30.129 Km de extensão, valor inferior ao da década de 1960 cuja quilometragem total era 38.287 Km. Este decréscimo na extensão das malhas ferroviárias é resultante da tentativa de eliminar vias deficitárias e ramais inviáveis economicamente. Hoje a malha ferroviária brasileira possui densidade 3,35 km de linhas férreas por km² de território, ficando muito atrás de outros países tais como Estados Unidos que possuem 22,87 km/km² e Alemanha com 117,59 km/km². (DNIT, 2022e)

Os ganhos de eficiência no setor também foram valorosos já que houve redução de 81% no índice de acidentes de 1997 a 2011, a produção ferroviária total subiu em 133%, passando de 137,2 bilhões de TKU (toneladas de carga por quilometro útil); em 1997 para 320,0 bilhões em 2012. Já 2020, foram transportadas cerca de 365,1 bilhões de toneladas de carga por quilômetro útil. O que representa um decréscimo de 0,4% em relação ao ano de 2019. (CNT, 2013b)

O modal ferroviário apresenta entraves físicos e operacionais de funcionalidade em sua malha existente. As invasões em faixa de domínio, passagens em níveis críticas, baixa capacidade de movimentação em alguns portos, carência de terminais intermodais e compartilhamento da via férrea entre trens de cargas e de passageiros são alguns exemplos desses entraves. (CNT, 2022c)

A solução dada pela CNT (2022c) para amenizar os problemas enfrentados pelo modal, inclui:

- Expandir e interligar a malha ferroviária.

- Preservar as faixas de domínio e sanar conflitos urbanos.
- Acrescer a participação da iniciativa privada na construção de trechos ferroviários.
- Possibilitar a prorrogação antecipada das concessões.

Um modal ferroviário com a implantação de novos trechos ferroviários e a utilização de metrô em cidades de grande densidade populacional, é necessário para a multimodalidade no país.

De acordo com o DNIT (2022i), o patrimônio ferroviário pode ser classificado quanto a sua operacionalidade:

- Operacional (OP),
- Não operacional (NOP).

Ou quanto a sua mobilidade:

- Móveis,
- Imóveis.

2.1.3. TRANSPORTE AQUAVIÁRIO

O transporte aquaviário no Brasil teve início em 1808, quando houve a promulgação do Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas, dando possibilidade ao comércio internacional livre. A partir de então a navegação se desenvolveu baseada nas demandas de mercado.

Apesar de possuir uma extensa costa marítima, e apresentar grande parte de suas atividades econômicas concentradas em proximidades litorâneas, o Brasil não tem aproveitado o modal aquaviário para transporte de cargas. Sendo essa uma matriz considerada desbalanceada, sobretudo no que se refere ao uso da cabotagem. (CNT, 2013a)

A cabotagem é navegação realizada entre portos ou pontos do território nacional, utilizando a via marítima ou vias navegáveis interiores. Este possui vantagens como: maior eficiência energética, maior capacidade de transporte, maior vida útil da infraestrutura, maior vida útil dos equipamentos e veículos,

maior segurança da carga, menor emissão de poluentes, menor número de acidentes, menor nível de avarias, menor custo operacional e menor impacto ambiental. (CNT, 2013a)

Segundo a ANTAQ (Agência Nacional de Transporte Aquaviário), no primeiro trimestre de 2022 a movimentação portuária totalizou 276,6 milhões de toneladas, representado um decréscimo de 2,6% quando comparado ao mesmo período do ano anterior. Sendo que deste montante 34,9% forma movimentados por portos públicos e 65,1% por portos privados. (ANTAQ, 2022)

Os tipos de navegação mais usados para o transporte de cargas são: longo curso, cabotagem, interior, apoio marítimo e apoio portuário. No Brasil o total movimentado por cada tipo de navegação de carga, no primeiro trimestre de 2022, pode representado como na Figura 9: (ANTAQ, 2022)

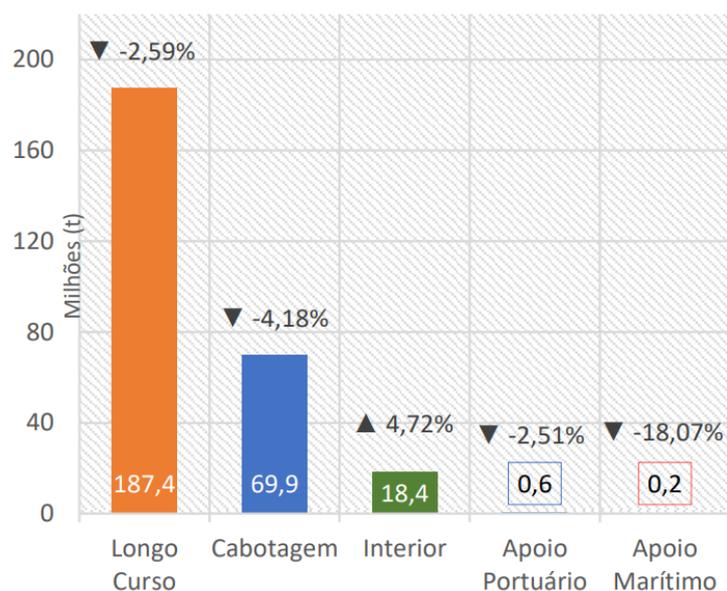


Figura 10: Total movimentado por tipo de navegação em milhões de tonelada, no 1º trimestre de 2022.

Fonte: (ANTAQ, 2022).

Como é possível se observar na Figura 9, as cargas de Longo Curso apresentaram movimentação de 187,4 milhões de toneladas, apresentando decréscimo de 2,59% quando comparado com o primeiro trimestre de 2021; destes 39,7 milhões de toneladas de cargas são de importação e 147,8 milhões de toneladas de cargas de exportação. Já a navegação por cabotagem

apresentou decréscimo de 4,2% quando comparado ao mesmo período do ano passado, movimentando 69,9 milhões de toneladas. A movimentação portuária na navegação interior no primeiro trimestre deste ano foi de 18,4 milhões de toneladas, o que demonstra uma elevação em 4,7% comparado ao mesmo período de 2021. De forma geral, pode-se observar que este modal diminuiu sua movimentação de transporte de carga. (ANTAQ, 2022)

Se tratando de perfil de carga, a Figura 10 mostra que a carga a granel sólida é a que apresenta o maior peso bruto operado nos portos brasileiros. Algumas mercadorias que compõem o perfil de granel sólido são: minério de ferro, soja e adubos.

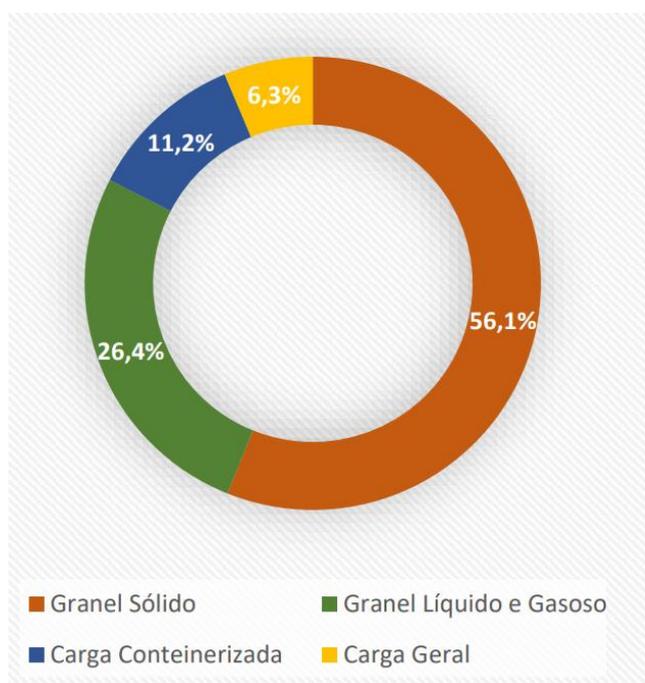


Figura 11: Participação por perfil de carga em % de tonelada, no primeiro trimestre de 2022.

Fonte: (ANTAQ, 2022).

O modal aquaviário enfrenta problemas devido à sua precária infraestrutura, dificuldade de implantação de medidas que aliviem a burocracia, baixa oferta de embarcações, elevados custos com praticagem e tripulações, e pouca alternativa de funcionamento. Para que sejam contornadas essas situações é necessária a atuação do poder público, com ações de cunho institucional voltada a destravar o setor através do aperfeiçoamento de suas regras de

funcionamento. Além dessas ações, é necessário planejamento, mobilização de recursos, realização de obras, gerenciamento e transparência.

Segundo “O Transporte Move o Brasil” - CNT (2022c), documento oficial da CNT que resume propostas da desta ao país, propõe possíveis soluções para os problemas enfrentados por este modal:

- Amplificar o montante de recursos públicos destinados a expansão de infraestruturas e investimentos em manutenção para o transporte aquaviário.
- Aumentar a participação da iniciativa privada em arrendamentos portuários e terminais de uso privados (TUPs).
- Racionalizar a infraestrutura portuária.
- Construir eclusas.
- Permitir melhorias de navegabilidade, regularização dos leitos dos rios e de sinalização.
- Realizar drenagens de manutenção e de aprofundamento nos portos e canais de navegação.
- Melhorar e construir acessos terrestres.
- Diminuir os custos de praticagem.

2.1.4. TRANSPORTE AEREOVIÁRIO

O modal aéreo possibilita fazer transporte rápido, seguro e confortável. Devido ao seu custo elevado, quando comparado aos demais modais, é indicado para deslocamento de médias e longas distâncias, principalmente quando se trata de transporte de passageiros, e de cargas de baixa tonelage e alto valor agregado e/ou perecibilidade.

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) o Brasil possui 2499 aeródromo registrados, dos quais 1911 são privados e 588 públicos. Contudo, 98% da movimentação de passageiros aéreos no país está concentrada em 65 aeroportos, sendo 31 localizados nas capitais. (Ministério da Infraestrutura, 2022)

O Brasil, em 2019, foi o quinto país do mundo com o maior número de transporte de passageiros domésticos transportados, perdendo apenas para Japão, Índia, China e Estados Unidos. Quanto a movimentação de cargas e correios, houve uma queda de 30,8% no transporte entre 2019 e 2020, porém em 2021 observou-se um aumento de 30,8% no volume de cargas transportadas, em relação a 2019. (CNT, 2022b)

O transporte aéreo de cargas e de passageiros possui sua competitividade limitada pela existência de legislações que delimitam a integração com normas internacionais. Assim, o ambiente regulatório brasileiro deve buscar normas que aproximem o país das melhores práticas internacionais. Dessa forma, buscando estímulos para competição entre as empresas aéreas, com mais opções de preços.

De acordo com a CNT (2022c), para que sua infraestrutura seja melhorada é necessário que as seguintes soluções sejam colocadas em prática:

- Estimular o aumento da participação da iniciativa privada com novas concessões.
- Elevar o investimento em obras de infraestrutura aeroportuária em aeroportos não concedidos, especialmente os regionais.
- Melhorar o modelo de concessões com base nas regras adotadas nas últimas rodadas de concessões aeroportuárias.
- Efetuar a venda da participação da Infraero em aeroportos concedidos.
- Modernizar a infraestrutura de auxílio à navegação aérea civil.

2.2. PLATAFORMA BIM

A tecnologia BIM, *Building Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção, começou a ser desenvolvida pelo arquiteto Jerry Laisern, no fim da década de 80. Este especialista em Tecnologia da Informação (TI) gerou a IAI (*Internacional Alliance for Interoperability*) em virtude de suas pesquisas na área de TI e interoperabilidade. Contudo, somente em 2003 o sistema passou a ser adotado em larga escala. Isso devido a algumas companhias que apresentaram à GSA (*General Services Administration*), durante a Conferência de Construção em Seattle, a modelagem em 3D a qual podia ser incluída análises energéticas e informações de cronograma da obra. (Martins & Rodriguem Júnior, 2019)

O BIM consiste em um conjunto de técnicas, processos e políticas que possibilitam que várias partes, de maneira colaborativa, possam projetar, construir e operar edificações e instalações. Com ele é possível criar uma réplica virtual em 3D das obras em construção, em todos os seus aspectos e componentes. Em suma, essa metodologia permite a simulação de uma situação real dos projetos, facilitando a compreensão dele, não apenas pelos envolvidos no projeto como também pelos clientes. (BRANDÃO, 2014)

O BIM pode possuir diversas camadas de informações, conhecidas como dimensões. De acordo com Masotti (2014), as dimensões do BIM podem ser classificadas de acordo com a Figura 11:



Figura 12: Dimensões do BIM.

Fonte: (Dereste, 2022).

As dimensões podem ser explicadas da seguinte forma, conforme Miranda & Matos (2022):

- a. 2D- dimensões do plano, em que se representam graficamente as plantas do empreendimento.
- b. 3D - Modelo: adiciona-se uma dimensão ao plano. Este faz referência à construção virtual da obra em ferramentas computacionais de modelagem com três dimensões. Permite inúmeras possibilidades de cortes e vistas, aumentando o grau de entendimento do projeto.
- c. 4D - Planejamento: vincula aos componentes 3D às tarefas listadas no cronograma, ou seja, permite a integração do tempo. Define quando cada elemento será adquirido, armazenado, preparado, instalado e utilizado.
- d. 5D - Orçamento: acrescenta informação de custo ao modelo. Permite o controle de metas da obra de acordo com o custo, determinando quanto cada parte da obra irá custar.
- e. 6D - Sustentabilidade: agrega a dimensão energia ao BIM. Permite quantificar a energia utilizada no processo de construção.
- f. 7D – Gestão de instalações: incorpora ao modelo dimensão de operação. Este possibilita que o usuário extraia informações do empreendimento como um todo: suas particularidades e funcionalidades.

Atualmente, há inúmeros *softwares* que englobam a tecnologia BIM. Para a *Building Smart* para ser considerado BIM a aplicação deve ser capaz de importar e exportar em formato IFC. Conforme Martins & Rodrigem Júnior (2019), os principais softwares que abrangem essa plataforma são:

- a. *Revit (Autodesk)*;
- b. *ArchiCAD (GRAPHISOFT)*;
- c. *AECOSim Building Designer (Bentley Systems)*;
- d. *Vectorworks (NEMETSCHEK)*;
- e. *TeklaStructure (Trimble)*;
- f. *SolibriModel Checker (NEMETSCHEK)*;
- g. *Tekla BIM Sightb(Trimble)*;
- h. *Navisworks(Autodesk)*;
- i. *Synchro pro (BentleySystems)*;
- j. *Vico Office (Trimble)*;
- k. *ArchiBUS (ArchiBUS)*.

Sendo o Revit o mais conhecido deles, este software é bastante utilizado em projetos de engenharia, arquitetura e design. Ele possui uma biblioteca com família de objetos, tais como: piso, escada, telhados, portas, janelas e outros, e possibilita a criação de famílias inexistentes e atualização do cenário. (Medeiros, 2022)

Esta plataforma permite gerenciar informações em um projeto de construção em toda sua elaboração, possibilitando a otimização das ações de seus planejadores. (DNIT, 2022f). Além disso, essa metodologia possui parâmetros bastante particulares, dentre eles:

- A criação de modelos parametrizados, o que implica em atribuir uma regra ou definição a um objeto fazendo com que não seja apenas um objeto, mas que este contenha informações associados a ele.
- Interoperabilidade: permite a troca de dados entre diferentes *softwares*.

Aplicar o Bim para o desenvolvimento, operação, execução de obras públicas e/ou privadas acarreta a redução de custos, sustentabilidade, agilidade, interoperabilidade e colaboração em projetos e operações na construção (PUC, 2022). Além disso permite maior transparência aos processos licitatórios,

otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos e economia para compras. (Ministério da Economia, 2022). Este modelo pode ser utilizado para inúmeros fins, alguns eles: visualização e renderização 3D, desenhos para fabricação, análise dos requisitos legais do projeto, estimativa de custos, sequenciamento da construção, detecção de interferências, análises de simulações e conflito, gestão e operação das edificações. (Miranda & Matos, 2022). Por meio dele pode-se detectar, com antecedência problemas de projetos, situações de risco à segurança dos trabalhadores, erros no cronograma, problemas de logística do canteiro, deficiência de desempenho da edificação, entre outros. (USP, 2022)

Quando aplicado a engenharia civil o BIM pode ser usado na execução de projetos estruturais, compatibilização de projetos, execução em campo, para elaboração, execução e gerenciamento de projetos de infraestrutura, dentre outros.

Essa modelagem está sempre em desenvolvimento, e devido às diversas vantagens trazidas por ela, tem-se observado um aumento do número de países que vem adotando, como obrigatório, o uso desta na indústria da construção.

Mesmo com todas essas vantagens, ainda existem barreiras para a utilização do BIM, isso porque requer elevados investimentos para sua implantação além de haver escassez de profissionais capacitados na área. (Martins & Rodriguem Júnior, 2019)

2.2.1. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO MUNDO

Nos Estados Unidos, a GSA (*General Services Administration*) criou em 2003 o programa nacional 3D-4D-BIM *Program*. E em 2006 esta decretou que deveria ser utilizada a metodologia BIM na fase de projetos de todos os novos edifícios públicos projetados. Deste modo, a utilização do BIM neste país saltou de 40% em 2009 para 71% em 2012. (Miranda & Matos, 2022)

Na Noruega a empresa estatal *Statsbygg* definiu a utilização da plataforma BIM para o ciclo de vida completo de seus edifícios, atualmente todos os seus

projetos utilizam o formato IFC. Na Finlândia o uso do BIM é obrigatório desde 2007 na estatal *Senate Properties*. (Miranda & Matos, 2022)

Alguns outros países tardaram um pouco mais para a utilização do método BIM. A Holanda passou a usá-lo para manutenção de grandes projetos em 2012. Hong Kong apenas em 2014 exigiu que os novos projetos utilizassem esta plataforma. A Coréia do Sul obrigou o uso compulsório do BIM em edifícios públicos em 2016 (Miranda & Matos, 2022).

Já no Brasil, o primeiro passo para a implementação do BIM foi dado em 2016, no entanto até os dias atuais a plataforma ainda não é amplamente empregada. (DNIT, 2022b)

2.2.2. IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NO BRASIL

No Brasil o primeiro passo dado, com a intenção de disseminar o BIM, foi dado em dezembro de 2016. Quando ministros, do Brasil e do Reino Unido, assinaram um acordo de cooperação para a implementação e disseminação do BIM no Brasil. Em 2017 foi publicado um decreto Presidencial que propôs a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM. (DNIT, 2022b)

No entanto, o processo de implantação da metodologia BIM foi, de fato, iniciado em 2018. O Decreto nº 9377/18 de 17 de maio de 2018 visava promover um ambiente adequado para que o BIM fosse difundido no país. Foi definido o Comitê Gestor da Estratégia do BIM (Estratégia BIM BR), com a finalidade de promover um ambiente adequado para o investimento na plataforma, bem como sua difusão em território nacional. (DNIT, 2022b)

A Estratégia BIM, conforme DNIT (2022a), buscava atingir os seguintes objetivos específicos:

- Difundir o BIM e seus benefícios.
- Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM.
- Criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM.

- Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e contratações públicas com o uso do BIM.
- Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM.
- Desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM.
- Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM.
- Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

E eram esperados os seguintes resultados:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil.
 - Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas.
 - Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação.
 - Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil.
 - Reduzir prazos para conclusão de obras.
 - Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios.
 - Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra.
 - Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva.
 - Estimular a redução de custos no ciclo de vida dos empreendimentos.
- (DNIT, 2022a)

A Lei nº14.133, de 2021, Art.3º prevê que nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura seja dada preferência para a adoção do método BIM. No entanto, há desafios a serem vencidos, uma vez que as licitações têm como prioridade: menor preço, maior lance, melhor técnica e técnica e preço, respectivamente. (DNIT, 2022k)

De maneira geral, segundo Alvarenga (2022) ,cronologicamente falando:

- Em 2021: houve a contratação de projetos em BIM, o que incluiu a elaboração dos modelos de arquitetura e engenharia, a elaboração de documentação gráfica, detecção de interferências etc.
- Em 2024: pretende-se adicionar etapas que envolvam obras, tais quais orçamentação, planejamento da execução da obra, entre outros.
- E 2028: a intenção é que o Bim já abranja todo o ciclo de vida da obra, considerando também o pós-obra, como o gerenciamento e a manutenção do empreendimento. (Alvarenga, 2022)

Essas três fases podem ser ilustradas conforme Figura 13:

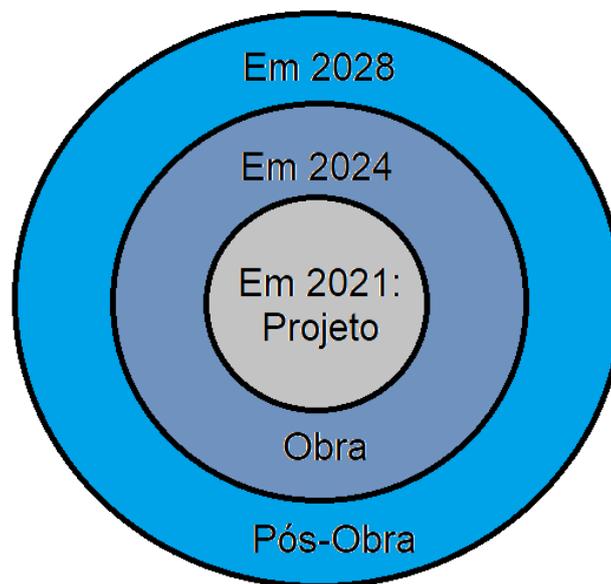


Figura 13: Fases da implementação do BIM no Brasil.

No Brasil a plataforma BIM ainda não foi totalmente difundida, esta metodologia encontra-se mais avançada no setor de construção civil do que no setor de obras de infraestrutura. Isto porque os profissionais da área de construção civil são menos resistentes á utilização de novos *softwares* e contam com a ajuda de arquitetos, que são quase sempre mais aptos a utilizá-los. Ainda assim maioria das empresas se encontram em fase de capacitação, para que os projetistas tenham contato e conhecimento sobre este software.

2.2.3. BIM APLICADO NA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE NO MUNDO E NO BRASIL

Enquanto a aplicação do BIM cresce de maneira exponencial na área de construção de edificações, sua utilização na infraestrutura de transporte segue de evoluindo forma lenta.

Na engenharia civil a utilização da Tecnologia da Informação permite o aprimoramento da engenharia, diminuindo o “trabalho braçal” e o tempo de execução de tarefas repetitivas. Se tratando de infraestrutura de transporte, esse software pode ser aplicado em projetos de rodovias, ferrovias, vias urbanas, drenagem, loteamento, mobilidade urbana, aeroportos, entre outros. (BRANDÃO, 2014)

Caso seja utilizada a modelagem para o projeto de execução de uma via, o primeiro impacto que se tem é o aumento da eficiência e da produtividade. Além disso, permite uma melhor visualização da rodovia com a simulação real do projeto, facilitando o entendimento. O tempo gasto para a tomada de decisão é reduzido, uma vez que a parte de projeto e de documentação estão relacionadas de forma dinâmica. (BRANDÃO, 2014)

Um benefício adicional do uso desta modelagem é na análise de sustentabilidade e consumo de energia durante o ciclo de vida de uma obra de infraestrutura de transporte. Visto que esta análise pode conter dados para o estudo de consumo da energia necessária para sinalização e iluminação da rodovia, bem como a quantidade de combustível necessário para a manutenção dos equipamentos. Esta análise pode abranger dados para estudo de consumo de energia necessária para sinalização e iluminação de uma rodovia e/ou para a obtenção da quantidade de combustível necessário para a manutenção de equipamentos. (Lima, 2019).

Por meio da modelagem 3D é possível obter informações quantitativas, tais como informações sobre concreto (que pode ser moldado ou in-loco), sobre volumes, simbologias etc. Na família voltada à estrutura é possível ver caracterizações de materiais específicos e detalhados, possibilitando fazer o download de sites de fornecedores e fabricantes. Caso as informações sobre

custos sejam adicionadas adequadamente ao projeto, tem-se um projeto de dimensionamento 5D.

Segundo Brandão (2014) e Lima (2019), em obras de infraestrutura a adoção da metodologia BIM traz vantagens como:

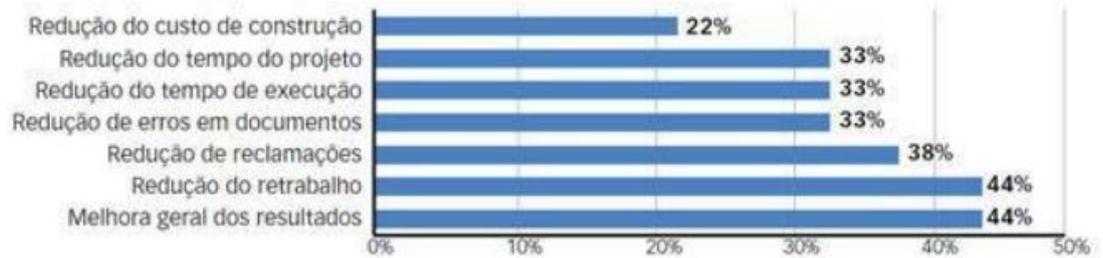
- Diminuição dos custos de construção.
- Redução no tempo de projeto e no tempo de execução de um empreendimento.
- Decréscimo de reclamações por parte dos clientes.
- Redução de retrabalho.
- Diminuição de falhas construtivas.
- Reduz o risco de superfaturamento da obra.
- Melhorias nos resultados.
- Aumento na capacidade de fornecer serviços.

Uma pesquisa, realizada por Mc-Graw-Hill Construction, mostra dados obtidos ao se aplicar o BIM em obras do setor de infraestrutura. Este aponta uma redução de 22% no custo de construção, uma diminuição de 33% no tempo de projeto e execução do empreendimento, decréscimo de 33% nos erros em documentos, 38% menos reclamações após a entrega da obra ao cliente e 44% de redução de retrabalho nas atividades. (Mc-Graw-Hill Construction, 2012 apud BRANDÃO, 2014)

A Figura 14 mostra o resultado desta pesquisa, realizada para analisar os benefícios da implementação do BIM em obras de infraestrutura bem como o crescimento entre os anos de 2009 e 2013.

RESULTADOS DA PESQUISA

Benefícios na implantação do BIM em sistemas de infraestrutura



Uso do BIM em obras de infraestrutura

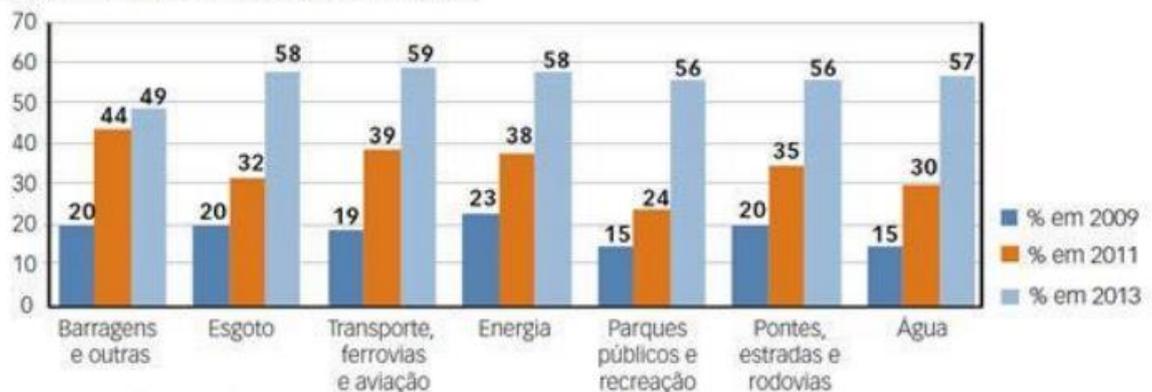


Figura 14: Resultados da pesquisa sobre benefícios e crescimento da implementação do BIM em obras de infraestrutura.

Fonte: (Mc-Graw-Hill Construction, 2012 apud BRANDÃO, 2014).

Para este tipo de obra é muito importante que a Modelagem da Informação da Construção seja integrada ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), já que esta integração permite análise rápida de custos adicionais, tais quais custos de desapropriação. O SIG é constituído por ferramentas e equipamentos que permitem a manipulação, armazenamento e análise de dados espaciais. Este permite a criação de modelos integrados com dados de seu entorno, englobando: rios, áreas inundáveis, zonas urbanas, zoneamentos, entre outros. A Figura 15 abaixo exemplifica uma integração conceitual entre o BIM e o GIS. (Lima, 2019).



Figura 15: Integração entre BIM e GIS.

Fonte: (Lima, 2019).

2.2.4. ALGUMAS DAS APLICABILIDADES DO BIM NA INFRAESTRUTURA

Em seu artigo Brandão (2014) mostra a aplicabilidade da Modelagem de Informação da Construção em algumas áreas da infraestrutura. Ele ressalta sua utilização em:

- Terraplanagem e movimentação de terra:

Para esse tipo de obra é importante saber o valor estimado de corte e de aterro, possibilitando a elaboração de propostas, orçamentos e/ou projetos. No método tradicional, que consiste em fazer um levantamento planialtimétrico do terreno e traçar perfis geométricos, esse cálculo é feito de forma demorada e, devido à sua complexidade, pode acarretar erros. A ferramenta BIM possibilita o cálculo automático dos volumes de terraplanagens, fornecendo valores para os volumes de corte e de aterro, a quantidade de empréstimo ou de bota-fora necessário para a execução da terraplanagem, permite a realização de ensaios que possibilitam a obtenção da cota para a fixação do platô no terreno. Além de todos esses pontos, ela fornece uma visualização 3D do terreno já terraplanado. A Figura 13 mostra o modelo final do cálculo de um platô realizado com o auxílio do *software* AutoCad Civil 3D. (BRANDÃO, 2014)



Figura 16: Projeto de terraplanagem feito com o auxílio da plataforma BIM.

Fonte: (BRANDÃO, 2014).

- Análise de interferências e uso do BIM em sistemas de drenagem urbana:

Por fim ele ressalta que a utilização do *Building Information Modelig* em obras de drenagem urbana é de suma importância devido a sua análise de incompatibilidade. Sendo possível averiguar interferências entre os projetos a serem executados ou até mesmo de um projeto a ser executado e uma tubulação já existente, antes mesmo de executá-lo. (BRANDÃO, 2014). A elaboração de projeto de drenagem urbana e sua análise de interferências é exemplificado na Figura 14, abaixo:

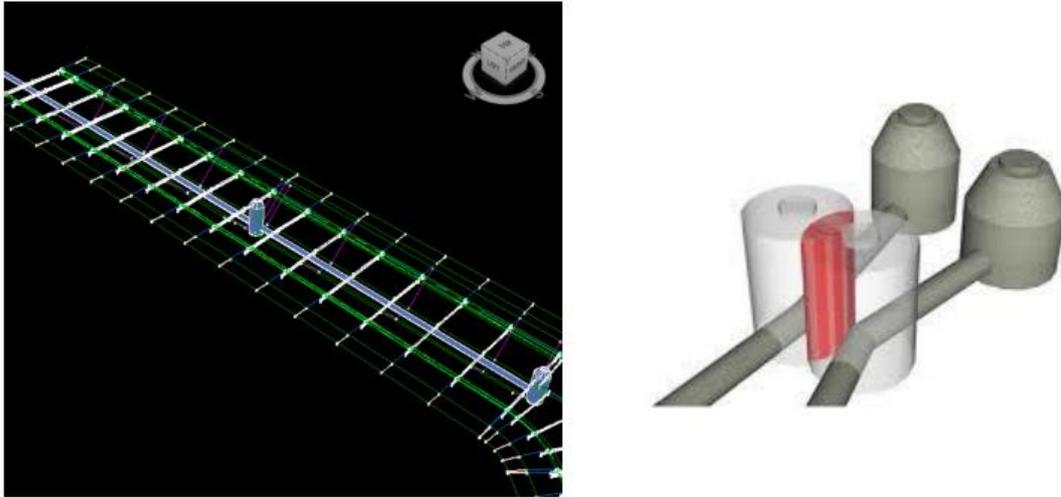


Figura 17: Análise de interferências para obras de drenagem urbana utilizando a metodologia BIM.

Fonte: (BRANDÃO, 2014).

Já o autor Lima (2019) cita em seu trabalho as seguintes aplicabilidades:

- Pontes:

O BrIM, sigla para *Bridge Information Modeling*, que segue a metodologia BIM, pode ser aplicada em todo ciclo de vida de uma ponte. Ele melhora a qualidade dos desenhos e a colaboração entre os integrantes do projeto, uma vez que o modelo virtual 3D da ponte contém toda a informação necessária para o ciclo de vida da estrutura. (Lima, 2019)

Alguns estudos foram realizados para se avaliar a validação de propostas para o uso do BIM em pontes. Como resultado acredita-se que esta ferramenta possa ajudar significativamente no processo de inspeção, possibilitando redução de custos com manutenção e reparo. (Lima, 2019)

- Ferrovias:

O BIM pode ser utilizado para projetos de alinhamentos de ferrovias, tanto na fase de design como de operação. Tem aplicabilidade também na modificação e projeto de túneis ferroviários e na modelagem e modernização de estações ferroviárias. Como benefício ele auxilia na tomada de decisões e integração com a fase de construção. (Lima, 2019)

- Túneis:

A metodologia BIM aumenta e melhora o nível de armazenamento e uso de dados, acarretando um aumento na eficiência do fluxo de projeto aplicado a túneis. Inúmeros estudos foram realizados, obtendo resultados positivos para essa aplicação. Alguns deles são: obtenção de um modelo de alinhamento de túnel versátil que se pode integrar a outras extensões baseadas em IFC e

modelos que possibilitam a rápida e simplificada análise de viabilidade de traçado para túneis. (Lima, 2019)

- Aeroportos:

Quando aplicada a este tipo de construção a plataforma traz benefícios como: redução em erros de projeto e operação, diminuição nos problemas de coordenação de projetos em terminais de aeroportos ao facilitar interferências entre as diversas disciplinas envolvidas, auxílio na análise das condições de entorno do empreendimento como modelagem energética ou impactos ambientais, entre outros. Esta aplicação ainda é considerada atrasada quando comparada à de túneis e pontes. (Lima, 2019)

2.2.5. O USO DA PLATAFORMA BIM EM PROJETOS DE ESTRADAS E PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS

A princípio o modelo em 3D visa reduzir ou sessar possíveis fontes de erros geradas pela elaboração de desenhos em 2D, que não conseguem descrever por completo esta obra de engenharia, diminuindo por consequência a necessidade de retrabalho e reparos, que geram custos elevados a empresa. Além disso o uso do BIM reduz reclamações de clientes, aumenta a precisão da retirada de quantitativos e reduz falhas de construção e riscos de superfaturamento das obras. (BRANDÃO, 2014)

Esta modelagem pode ser utilizada em diversas fases de projetos, podendo ser aplicada para design, planejamento e manutenção das estradas e rodovias. Podendo ser empregada, ainda, em dimensionamento de projetos secundários da estrada, mas que também são relevantes, tais quais: elementos de estabilização de taludes, drenagem etc. (Lima, 2019)

Segundo Brandão (2014), as principais funcionalidades que esta metodologia proporciona é sua aplicação para retirada de quantitativos de terraplanagem e movimento de terra, a retirada de quantitativos das camadas de estrutura de pavimentação de uma rodovia, para análise de interferências entre as rodovias e os sistemas de drenagem urbana e sua integração com o GIS.

O alinhamento de uma estrada depende de diversas análises, além da terraplanagem, ele é interligado às camadas de base, sub-base, subleito, calcada, acostamento etc. O projeto desse pavimento engloba inúmeras

variáveis que são interligadas como: velocidade limite, superelevação, raio das curvas, comprimento da via etc. Por isso a automação da metodologia é de suma importância uma vez que diminui consideravelmente o desgaste quando há uma modificação de variável. (BRANDÃO, 2014)

3. ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DO BIM PELO DNIT

Como se pode observar na Figura 18 abaixo, apesar da tecnologia BIM ser antiga, sua implementação no Brasil é bastante recente. No que diz respeito à implementação dessa plataforma no Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT), ela foi iniciada em 2018 com a criação de estratégias que viabilizassem a disseminação da mesma pelo país.



Figura 18: Histórico BIM no DNIT.

Fonte (DNIT, 2022b).

Em termos de base legal, algumas ações foram tomadas na tentativa de promover essa disseminação. A Figura 19 destaca alguma delas:



Figura 19: Base legal da implementação do BIM pelo DNIT.

Fonte: (DNIT, 2022m).

De acordo com o DNIT (2022b), de forma geral, a base legal para implementação da metodologia BIM pode ser descrita pelos seguintes passos:

- Decreto nº 9377/2018: Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (revogado).
- Decreto nº9983/2019: Estratégia Nacional de Disseminação do BIM.
- Decreto nº 10306/2020: Utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia.
- Instituição Normativa nº22/2020: Núcleo BIM do DNIT (revogado).
- Instituição Normativa nº32/2021: Núcleo BIM do DNIT.
- Portaria nº 3624/2021: Atualização dos Membros no Núcleo BIM.
- Instrução Normativa nº27/2021: Núcleo BIM do DNIT – Priorização BIM.

A Estratégia BIM BR foi instituída pelo Decreto 9377, com a finalidade de possibilitar um ambiente adequado para o investimento em BIM. Ela possui nove objetivos principais:

- 1) Difundir o BIM e seus benefícios.
- 2) Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM.
- 3) Criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM.
- 4) Estimular a capacitação em BIM.
- 5) Propor atos normativos que estabelecem parâmetros para as compras e as contratações públicas com o uso do BIM.
- 6) Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção BIM.
- 7) Desenvolver a plataforma e a biblioteca nacional BIM.
- 8) Estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM.
- 9) Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Como resultado, espera-se: elevar em 10% a produtividade das empresas, reduzir em 9,7% os custos, aumentar em dez vezes a adoção do BIM e elevar em 28,9% o PIB da construção civil até 2028. (Ministério da Economia, 2022).

A Estratégia BIM BR (decreto 10.306/2020) propõe que a utilização da Metodologia BIM seja realizada em três fases, tal como apresentado na Figura 20:

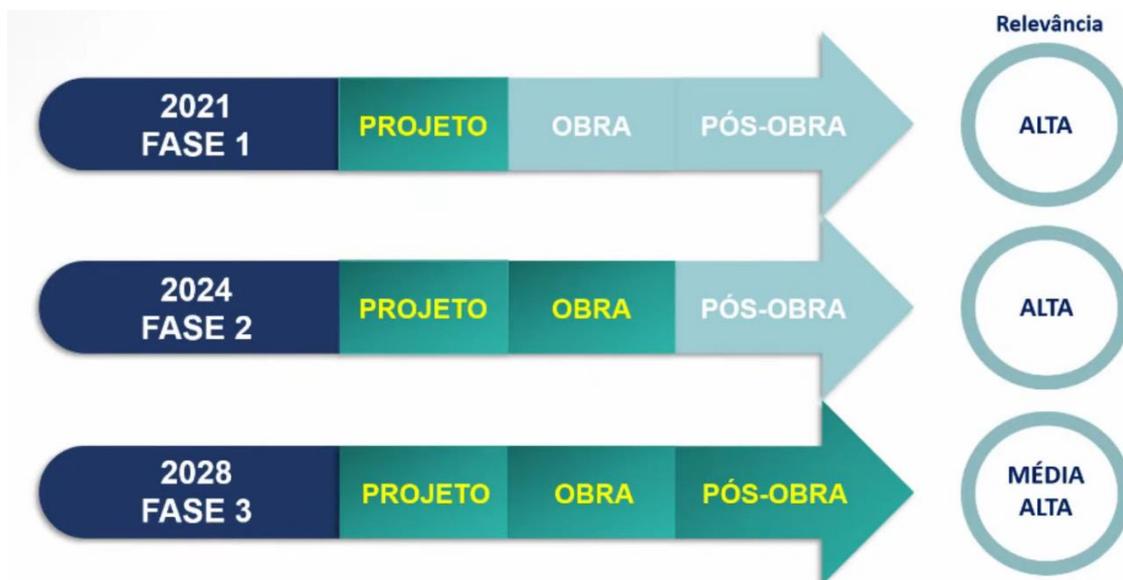


Figura 20: Fases para a implementação do BIM no DNIT.

- 1) A partir de janeiro de 2021: nesta fase será exigida a elaboração de projetos de modelos de arquitetura e de engenharia em BIM, para obras novas, de ampliação ou reabilitação, quando estas forem consideradas relevantes para a disseminação do BIM. Auxiliando tanto na extração de quantitativos quanto na geração de documentação gráfica.
- 2) A partir de janeiro de 2024: inclui a utilização do BIM para execução de obras diretas ou indiretas de projetos de arquitetura e de engenharia. Abrangendo o uso previsto na fase 1, orçamentação e planejamento da execução de obras e a atualização do modelo e de suas informações como construído.
- 3) A partir de janeiro de 2028: da mesma forma, deverá incluir a aplicação do BIM em projetos de arquitetura e de engenharia de obras de construções novas, ampliações e reabilitações. Abrange a utilização prevista nas duas fases anteriores e, também, o serviço de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua construção, caso a obra tenha sido realizada ou executada com a metodologia BIM. (DNIT, Estratégia BIM BR, 2022m)

A criação do Núcleo BIM também é bastante relevante, uma vez que ele é composto por servidores que visam promover discussões e estudos sobre a metodologia BIM, com intenção de implantar e disseminar essa metodologia. É competência do Núcleo BIM a elaboração de proposta internas para implementação de metodologia BIM na Autarquia, criação e atualização de manuais, normas e instruções relacionadas à metodologia. (DNIT, 2022b).

No DNIT essa implementação deve ocorrer em ciclos, com a definição e a realização de uma sequência de projetos-pilotos que possibilitem o aumento gradativo: da quantidade de pessoas envolvidas, da compreensão dos benefícios da mudança e do aprendizado dos envolvidos. Esta deve ser feita de forma a difundir o conteúdo da plataforma, para isso utiliza-se de quatro pontos fundamentais, como apresentado na Figura 18.



Figura 21: Implementação da plataforma BIM

Cada ciclo objetiva alterar os modelos da operação, que até então era baseada em documentos, passando a executar processos melhorados, baseados no BIM. O diagnóstico é realizado através de uma pesquisa que visa avaliar o conhecimento de todos os departamentos, para nortear como seria realizada a capacitação dos membros. E, após completado o ciclo, é realizado outro mapeamento para averiguar se o conhecimento passado foi bem absorvido pelos colaboradores. Os demais passos do ciclo são realizados com base no Plano de Execução BIM (PEB). (DNIT, 2018)

O Núcleo BIM do DNIT realizou no ano passado, 2021, o seu último mapeamento. Essa pesquisa do nível de maturação foi realizada de maneira eletrônica através do envio de questionários pelos canais de comunicação oficiais do Departamento. Estes questionários foram preenchidos em 09 de julho de 2021. O objetivo a pesquisa é captar informações dos servidores, da Sede e das Superintendências Regionais, bem como das competências específicas: processos, tecnologia, políticas e de estágio de colaboração e escala da organização. Possibilita, ainda, conhecer as principais necessidades e subsidiar a formulação e a implantação de ações estratégicas que atendam às necessidades da autarquia. O resultado da avaliação destes dados mostra um avanço significativo de maturidade na autarquia. (DNIT, 2021)

As capacitações iniciaram em abril deste ano, é possível encontrar no canal oficial do DNIT no YouTube uma playlist denominada “Enfoque BIM” composta por sete vídeos onde se encontram registrados os módulos de capacitações, que foram feitos de forma online. Nesses vídeos, há uma introdução sobre a plataforma, explicações sobre a base legal da implementação do BIM, detalhes sobre o Caderno BIM, dentre outros. Na playlist “Capacitação BIM” há vinte e seis vídeos, postados em outubro de 2022, que ensinam passo a passo da utilização *Tekla Structures*, *software* de modelagem BIM, específico para área da construção.

Como projeto piloto definiu-se o programa PROARTE, que visa a recuperação e reabilitação de obras de arte especiais que fazem parte da malha rodoviária federal. O último grande passo dado por este departamento foi a apresentação, no dia 25 de julho deste ano, do primeiro edital de contratação em BIM para a obra de reabilitação da ponte sobre o rio Arroio Bossoroca-RS. Esta ação tem como objetivo testar e analisar a inovação e a viabilização do BIM no DNIT. (DNIT, 2022d).

Os principais objetivos ao serem atingidos ao se implementar o BIM, segundo DNIT (2022d), são:

- Disseminar a metodologia BIM no Âmbito da administração Pública Federal.
- Ampliar a aplicação do BIM na autarquia.

- Reduzir os tempos de desenvolvimento, análise e aprovação dos projetos.
- Melhorar a coordenação entre os diferentes agentes envolvidos no acompanhamento, elaboração e análise dos projetos.
- Empregar as informações dos modelos nos diversos ciclos de vida do ativo: construção, operação e manutenção.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral reafirmar a obrigatoriedade da utilização da plataforma BIM e verificar sua aplicabilidade na infraestrutura de transporte. Com essa finalidade mostrou-se que a obrigatoriedade do uso do BIM já acontece em alguns países desde 2007 e que no Brasil isto ainda está sendo implantado. Apresentou-se algumas das aplicabilidades do BIM na infraestrutura de transporte na revisão bibliográfica, dando ênfase para obras na área de rodovias. Para validar este trabalho foi realizado um estudo de caso que abrange os dois tópicos, mostrando como está acontecendo implementação do BIM no DNIT.

Foi apresentado o atual cenário da Infraestrutura de transporte no Brasil, o conceito da metodologia BIM, as principais vantagens que a utilização desta traz para as obras de infraestrutura de transporte e avaliamos seu uso para otimização de processos em obras de infraestruturas terrestre. Através do estudo de caso foi possível avaliar como está sendo a implementação obrigatória do BIM no Brasil e mostrar o processo de implementação da plataforma BIM pelo DNIT.

Através deste estudo percebemos que apesar dos inúmeros benefícios obtidos através da utilização da plataforma BIM, esta metodologia é muito mais empregadas em obras civis, verticais, que em obras de infraestrutura. Mesmo sendo essa última composta por obras de grande complexibilidade que se beneficiaria grandemente com a interoperabilidade e automação deste método.

No caso da infraestrutura de transporte brasileira, tão deficitária e ao mesmo tempo importante para o desenvolvimento econômico, o uso da Modelagem da Informação da Construção caminha a passos lentos, porém aparentemente bem assertivos. Vale ressaltar que apesar do grande incentivo do governo para que esta implantação ocorra, através de bases legais publicadas, pouco se é investido na logística de transporte do país. Tendo em vista a enorme importância do modal rodoviário e sendo este o que recebe maior parte do investimento destinado a infraestrutura, o presente estudo ressalta a grande vantagem do BIM quando vinculado este tipo de projeto. Principalmente no que

diz respeito a modelagem 3D, permitindo uma melhor visibilidade do projeto, reduzindo erros e prevendo possíveis incompatibilidades no projeto.

Diante do que foi exposto, é possível perceber que a implantação da plataforma BIM tem ocorrido de forma lenta e gradativa. O Departamento iniciou seu ciclo capacitando seus colaboradores através de aulas que apresentassem o BIM de forma simples. Visando quebrar a barreira de resistência à implantação desse por falta de informação e/ou conhecimento sobre o método. Para, só depois, ensinar aos seus colaboradores como utilizar suas plataformas, demonstrando todas as suas vantagens.

Pelas datas das postagens dos vídeos contendo capacitações sobre a metodologia BIM e sobre a utilização do *Tekla Structures* no canal oficial do DNIT no YouTube pode-se concluir que o Departamento, apesar de já ter iniciado o processo de capacitação dos colaboradores, está bastante atrasado principalmente comparado a países como Estados Unidos onde essa modelagem já é amplamente utilizada desde 2012. Apesar desta implementação no DNIT seguir de forma um pouco lenta, quando comparado a outros países, vale lembrar que tomando por base o cronograma proposto pela Estratégia BIM, a implantação desta plataforma só estará totalmente concluída após se encerrar a terceira fase da implementação, ou seja, a partir de 2028.

O DNIT já previa licitações de projetos que sejam executados em formato BIM. Esta última fase visa contratar, aos poucos, projetos em BIM, fazendo com que a implementação ocorra de maneira gradativa dentro do Departamento. Um grande passo, neste sentido, foi dado este ano com edital de contratação da obra de reabilitação da ponte sobre o rio Arroio Bossoroca-RS. Isto demonstra mais um avanço da implementação da plataforma BIM no DNIT.

REFERÊNCIAS

Alvarenga, A. **WEBINAR BIM DNIT - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO PROARTE**. DNIT. Acesso em: 07 de Outubro de 2022.

ANTAQ-.Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Boletim Aquaviário- 1º Trimestre de 2022**. Acesso em: 25 de Setembro de 2022.

Balbo, J. T. **Pavimentação asfáltica:materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BRANDÃO, R. D. **AVALIAÇÃO DO USO DO BIM PARA O ESTUDO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA**. SALVADOR, BAHIA, BRASIL: UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, 2014.

CNT. **Pesquisa CNT do transporte aquaviário. Cabotagem**. Brasília, Brasil, 2013a.

CNT - TRANSPORTE E ECONOMIA. **O Sistema Ferroviário Brasileiro**. Brasília, Brasil, 2013b.

CNT- Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias - 2021**. Acesso em: 23 de Setembro de 2022.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Boletins Técnicos CNT**. Acesso em: 25 de Setembro de 2022a.

CNT- Confederação Nacional do Transporte. **O TRANSPORTE MOVE O BRASIL - PROPOSTAS DA CNT AO PAÍS**. 25 de Setembro de 2022b.

CNT- Revista CNT Transporte Atual. **Propostas para o país**. Acesso em: 23 de Setembro de 2022c.

CNT- Confederação Nacional do Transporte. **Radas CNT - PIB 2º Trimestre 2022d**.

DER MG. Mapa Interativo – Malha Viária. Portal DER MG. Acesso em: 03 de Novembro de 2022.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. **PORTAL BRASILEIRO DE DADOS ABERTOS**. Acesso em : 14 de Setembro de 2022.

Dereste, S. **As dimensões do BIM**. SDS Educa. Acesso em: 14 de Setembro de 2022.

DNIT. **Case do PROARTE é apresentado no Seminário Internacional BIM**. 07 de Novembro de 2018.

DNIT. **DNIT REALIZA PESQUISA DE MATURIDADE BIM**. 25 de Outubro de 2021

DNIT. **BIM BR - Construção Inteligente**. Acesso em : 07 de Outubro de 2022a.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Instituição BIM no DNIT**. Acesso em: 13 de Outubro de 2022b.

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Infraestrutura Ferroviária_Histórico**. Acesso em 04 de Outubro de 2022c.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Iniciativa marca nova etapa na implementação da metodologia BIM na autarquia**. Acesso em: 13 de Outubro de 2022d.

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre. **Instituto Nacional de Pesquisas Ferroviárias**. Acesso em: 04 de Outubro de 2022e.

DNIT- Conceito BIM. **Ministério da Infraestrutura**. Acesso em: 09 de Setembro de 2022f.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Nomenclatura das rodovias federais**. Acesso em: 26 de Setembro de 2022g.

DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **O BIM no DNIT**. 20 de Julho de 2022h. Acesso: 23 de Setembro de 2022.

DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Patrimônio Ferroviário**. Acesso em: 01 de Outubro de 2022i.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Termos e Definições BIM**. Acesso em: 22 de Setembro de 2022j.

DNIT. **WEBINAR BIM DNIT - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO PROARTE:Os desafios legais na implementação do BIM.** Acesso em: 03 de Outubro de 2022k.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **BIM para Infraestrutura.**Acesso em: 02 de Outubro de 2022l.

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre. **Estratégia BIM BR.** Acesso em: 01 de Outubro de 2022m.

Filho, E. R. **TRANSPORTE E MODAIS COM SUPORTE DE TI E SI.** Curitiba: InterSaberes, 2012.

Governo de Minas Gerais. **Rodovias.** Acesso em : 03 de Novembro de2022.

Governo do Estado - Paraná. **Sistema Rodoviário Estadual - Definições e Critérios.** Acesso em: 03 de Novembro de 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infraestrutura de Transporte.** Acesso em: 06 de Setembro de 2022.

IBGE-Agência IBGE Notícias. **IBGE mapeia a infraestrutura dos transportes no Brasil.** 25 de Novembro de 2014. Acesso em : 23 de Setembro de 2022.

Lima, J. P. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA ESTUDOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: ESTUDO DE CASO - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO DA VIA SC-436.** Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

Martins, D. d., & Rodriguem Júnior, A. S. **Análise da Comparativa da Utilização da Tecnologia BIM em Projeto de Residências Unifamiliares.** *Revista Teccen*, 2019.

Masotti, L. F. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

Medeiros, F. Z. **Trabalho de Conclusão de Curso. A utilização de uma plataforma BIM para "Clash Detection".** Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil: UFOP,2022.

Ministério da Economia.. **Meta difundir o BIM e seus benefícios**. Acesso em :26 de Setembro de 2022.

Ministério da Infraestrutura. **Rede de Aeroportos**. Acesso em: 23 de Setembro de 2022

Miranda, A. C., & Matos, C. R. **Artigo Bim**. Revista TCU. Acesso em 12 de Setembro de 2022.

PUC. **Building Information Modeling (BIM)- Projetos de Infraestrutura**. Acesso em : 10 de Setembro de 2022.

Resende, P. " **O Brasil não tem planejamento em infraestrutura de transporte**" afirma especialista. Agência CNT Transporte Atual. Acesso em: 14 de Setembro de 2022.

RODRIGUES LANZA, J. F. **FERROVIAS, MERCADO E POLÍTICAS PÚBLICAS: AS SHORTLINES COMO SOLUÇÃO PARA O TRANSPORTE FERROVIÁRIO NO BRASIL**. SÃO PAULO: LABRADOR, 2020.

USP. **Poli/USP trabalha para disseminar o BIM no Brasil**. Poli USP. Acesso em: 10 de Setembro de 2022.

Vitorino, C. M. **Gestão de transporte e tráfego**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.