



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA & DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 1

VINCULAÇÃO BIM-ORÇAMENTO NO PROJETO BÁSICO: A LINHA 20-ROSA E A
MITIGAÇÃO DE ADITIVOS

RESUMO

A ocorrência recorrente de aditivos em contratos de obras públicas evidencia limitações na qualidade das informações produzidas durante a elaboração do Projeto Básico, especialmente quanto à consistência entre projeto, quantitativos e orçamento. Este estudo analisa como a vinculação rastreável entre modelos BIM e composições orçamentárias (BIM 5D) pode contribuir para reduzir inconsistências quantitativas e fortalecer a governança das contratações públicas. A pesquisa adota abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental, normativa e jurisprudencial, complementada por análise descritiva de contratos metroferroviários e pelo estudo de caso do Projeto Básico da Linha 20 - Rosa do Metrô de São Paulo. Os resultados indicam que a legislação brasileira, as normas da série ABNT NBR ISO 19650 e a jurisprudência do Tribunal de Contas da União, oferecem respaldo para exigir rastreabilidade entre objetos do modelo BIM, quantitativos, composições de custo e memória de cálculo. Como principal contribuição, propõe-se uma cláusula editalícia baseada em padrões abertos (IFC) e referenciais públicos de custos, destinada a ampliar a auditabilidade do orçamento de referência, fortalecer a transparência e mitigar aditivos decorrentes de falhas quantitativas na fase preparatória de empreendimentos de infraestrutura.

Palavras-chave: BIM 5D; orçamento de referência; Projeto Básico; aditivos contratuais; Lei nº 14.133/2021; metroferroviário.

1. INTRODUÇÃO

A crescente adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem promovido mudanças significativas na forma de planejar, projetar, contratar e gerenciar empreendimentos de infraestrutura, ampliando a integração entre informações geométricas, cronogramas, custos e documentação técnica ao longo do ciclo de vida dos ativos. No setor público, essa transformação ganhou novo impulso com a Estratégia BIM BR e com a Lei nº 14.133/2021, que passaram a incentivar o uso de modelos digitais como instrumentos de apoio ao planejamento, à contratação e à fiscalização de obras públicas, reforçando princípios de transparência, eficiência e governança previstos na nova legislação (BRASIL, 2021; BRASIL, 2024; EASTMAN et al., 2018).

Apesar desses avanços normativos e tecnológicos, a utilização do BIM em contratações públicas brasileiras ainda permanece concentrada, em grande parte, na representação geométrica dos empreendimentos, sem assegurar a vinculação estruturada entre os elementos do modelo e as composições orçamentárias que fundamentam os custos da obra. A ausência dessa rastreabilidade dificulta a verificação da consistência entre projeto, quantitativos e orçamento, reduz a transparência do processo de formação de preços e amplia o risco de inconsistências que podem resultar em alterações contratuais durante a execução dos empreendimentos (SUCCAR, 2009; LOVE et al., 2016).

Essa limitação assume especial relevância na fase de Projeto Básico, uma vez que a Lei nº 14.133/2021 atribui a essa etapa a responsabilidade pela definição dos elementos técnicos necessários à elaboração do orçamento estimado da contratação. Embora a legislação estabeleça requisitos mínimos para a elaboração dos projetos e para a composição dos custos, ainda são escassas as abordagens que integrem, de forma operacional e auditável, os objetos

do modelo BIM às respectivas composições orçamentárias em ambiente interoperável. Consequentemente, permanece uma lacuna entre as potencialidades do BIM para a gestão de custos e sua efetiva incorporação aos instrumentos de governança das contratações públicas (BRASIL, 2021; ISO, 2018; SACKS et al., 2018).

No contexto das obras metroferroviárias, caracterizadas por elevada complexidade técnica, longos horizontes de execução e grande exposição a riscos de prazo e custo, essa lacuna torna-se ainda mais crítica. Empreendimentos dessa natureza frequentemente registram modificações contratuais decorrentes de incompatibilidades entre projetos, quantitativos e estimativas orçamentárias, comprometendo o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos e afetando a previsibilidade dos investimentos públicos. Nesse cenário, o Projeto Básico da Linha 20–Rosa do Metrô de São Paulo constitui um estudo de caso particularmente relevante por incorporar exigências relacionadas ao BIM em uma das maiores expansões previstas para a rede metroferroviária brasileira.

Diante desse contexto, este estudo parte do seguinte problema de pesquisa: de que forma a vinculação estruturada entre os objetos do modelo BIM e as composições orçamentárias, ainda na fase de Projeto Básico, pode contribuir para reduzir inconsistências entre projeto e orçamento e mitigar a ocorrência de aditivos contratuais em empreendimentos metroferroviários?

Para responder a essa questão, o objetivo geral consiste em propor um modelo de vinculação entre os elementos do modelo BIM e as composições orçamentárias do Projeto Básico, fundamentado na Lei nº 14.133/2021, na ABNT NBR ISO 19650 e nas diretrizes de interoperabilidade em BIM, utilizando como estudo de caso o Projeto Básico da Linha 20 - Rosa do Metrô de São Paulo. Como contribuição científica, a pesquisa busca apontar que a

integração auditável entre modelo digital e orçamento pode ampliar a rastreabilidade das informações de custo, fortalecer os mecanismos de governança das contratações públicas e reduzir fatores associados à ocorrência de aditivos contratuais em empreendimentos de infraestrutura.

2. DIAGNÓSTICO E REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Projeto Básico, governança pública e prevenção de aditivos

O Projeto Básico constitui um dos principais instrumentos de planejamento das contratações públicas de obras e serviços de engenharia, pois reúne os elementos técnicos necessários à definição do objeto, à elaboração do orçamento estimado e à adequada distribuição dos riscos contratuais. A Lei nº 14.133/2021 reforçou essa função ao estabelecer que o Projeto Básico deve apresentar nível de detalhamento suficiente para caracterizar a solução escolhida, subsidiar a estimativa dos custos da contratação e reduzir incertezas durante a fase de execução, fortalecendo os princípios da eficiência, da economicidade e do planejamento previstos no novo regime jurídico das licitações públicas (BRASIL, 2021).

A literatura especializada aponta que a qualidade do projeto exerce influência direta sobre o desempenho dos empreendimentos de infraestrutura, especialmente quanto ao controle de custos, prazos e alterações contratuais. Estudos internacionais indicam que deficiências de planejamento, incompatibilidades entre disciplinas de projeto e estimativas imprecisas de quantitativos figuram entre as principais causas de modificações contratuais, atrasos e elevação dos custos finais das obras, evidenciando que investimentos realizados nas fases iniciais do empreendimento tendem a produzir ganhos significativos ao longo de todo o seu ciclo de vida (Sacks et al., 2018; Love et al., 2018).

No contexto brasileiro, os órgãos de controle têm reiteradamente destacado a importância do Projeto Básico para a mitigação de riscos nas contratações públicas. A jurisprudência consolidada do Tribunal de Contas da União evidencia que projetos insuficientemente desenvolvidos comprometem a confiabilidade do orçamento estimado, favorecem revisões contratuais e ampliam a ocorrência de aditivos quantitativos e qualitativos durante a execução das obras. Essa compreensão encontra respaldo no modelo de governança pública preconizado pela Lei nº 14.133/2021, segundo o qual o planejamento adequado constitui requisito essencial para assegurar maior previsibilidade, transparência e eficiência na gestão dos recursos públicos (BRASIL, 2010b, 2013a, 2013b, 2016a, 2016b, 2021; TCU, 2014).

Sob essa perspectiva, a prevenção de aditivos não depende exclusivamente de mecanismos de fiscalização durante a execução contratual, mas da qualidade das informações produzidas ainda na fase de concepção do empreendimento. Quanto maior a consistência entre projeto, quantitativos e orçamento, menores tendem a ser as incertezas que justificam alterações contratuais posteriores. Assim, o fortalecimento do Projeto Básico representa não apenas uma exigência legal, mas um instrumento de governança capaz de aumentar a confiabilidade das estimativas de custo e reduzir a exposição da Administração Pública aos riscos decorrentes de falhas de planejamento.

2.2 Building Information Modeling (BIM) como instrumento de gestão da informação

O BIM consolidou-se como uma das principais transformações tecnológicas na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), ao substituir modelos baseados exclusivamente em representações gráficas por ambientes digitais estruturados para a produção, o compartilhamento e a gestão das informações dos empreendimentos ao

longo de todo o seu ciclo de vida. Mais do que uma plataforma tridimensional, o BIM constitui um processo colaborativo de gestão da informação, no qual os objetos digitais passam a concentrar atributos geométricos, funcionais e documentais capazes de apoiar atividades de planejamento, projeto, orçamento, construção, operação e manutenção (Sacks et al., 2018; Succar, 2009).

A consolidação desse paradigma levou à publicação da série ABNT NBR ISO 19650, que estabelece princípios para o gerenciamento da informação utilizando BIM, definindo responsabilidades, fluxos de trabalho e requisitos para produção, compartilhamento e controle dos modelos informacionais. A norma desloca o foco da simples modelagem tridimensional para a gestão estruturada da informação, introduzindo conceitos como requisitos de informação, ambiente comum de dados (Common Data Environment – CDE) e rastreabilidade dos ativos digitais ao longo do ciclo de vida do empreendimento (ABNT, 2021; ISO, 2018).

No Brasil, a Estratégia BIM BR e a evolução da legislação de contratações públicas ampliaram a utilização do BIM como instrumento de modernização da Administração Pública, incentivando sua adoção em empreendimentos financiados com recursos públicos. Nesse contexto, a interoperabilidade assume papel central, permitindo que diferentes plataformas de software compartilhem informações por meio de padrões abertos, como o Industry Foundation Classes (IFC), reduzindo a dependência de soluções proprietárias e favorecendo a continuidade dos fluxos informacionais entre projeto, orçamento, execução e operação (buildingSMART International, 2018; BRASIL, 2024).

Entretanto, a efetividade do BIM depende menos da sofisticação geométrica dos modelos e mais da qualidade das informações associadas aos seus objetos digitais. Modelos

ricos em representação gráfica, mas carentes de atributos estruturados e relações consistentes com documentos técnicos e orçamentários, produzem benefícios limitados para a gestão pública. Sob essa perspectiva, a literatura recente destaca que o principal potencial do BIM reside em sua capacidade de integrar informações provenientes de diferentes disciplinas em um ambiente único, assegurando rastreabilidade, consistência e suporte à tomada de decisão ao longo de todas as fases do empreendimento (Sacks et al., 2018).

2.3 Integração BIM—orçamento e BIM 5D na elaboração do Projeto Básico

A evolução do BIM ampliou significativamente as possibilidades de integração entre os modelos digitais e os processos de planejamento, orçamento e gestão de empreendimentos. Nesse contexto, o denominado BIM 5D incorpora aos objetos do modelo informações quantitativas e econômicas, permitindo que cada elemento modelado seja associado às respectivas composições de custo, quantitativos e critérios de medição. Essa integração transforma o modelo digital em uma base única de informações para estimativas orçamentárias, reduzindo inconsistências entre projeto e orçamento e aumentando a confiabilidade das decisões tomadas durante a fase de planejamento (Sacks et al., 2018).

No âmbito das obras públicas brasileiras, essa integração assume importância estratégica em razão da necessidade de compatibilizar os quantitativos extraídos dos modelos BIM com sistemas oficiais de referência, como o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). A utilização desses referenciais não elimina a necessidade de vinculação explícita entre cada objeto do modelo e sua respectiva composição orçamentária, pois a rastreabilidade dessa relação constitui requisito essencial para a transparência, a auditabilidade e a atualização

consistente do orçamento sempre que ocorrerem alterações no projeto (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2024; DNIT, 2024).

Sob a perspectiva da interoperabilidade, essa vinculação depende da adoção de estruturas padronizadas de informação capazes de preservar as relações entre objetos, propriedades e documentos ao longo de diferentes plataformas computacionais. O padrão Industry Foundation Classes (IFC) desempenha papel central nesse processo ao possibilitar a troca de informações entre diferentes softwares sem perda significativa de dados, favorecendo a implementação de fluxos OpenBIM e reduzindo a dependência de formatos proprietários. Dessa forma, a integração entre BIM, IFC e sistemas orçamentários amplia a consistência da informação produzida no Projeto Básico e facilita sua utilização durante as fases subsequentes da contratação e da execução da obra (buildingSMART International, 2018; ISO, 2018).

Entretanto, a simples existência de um modelo BIM não assegura a efetiva integração entre projeto e orçamento. Essa condição depende da definição prévia de requisitos de informação, da padronização da estrutura de codificação dos objetos e da vinculação sistemática entre os elementos modelados e as respectivas composições de custo. Quando essa relação é estabelecida de forma estruturada, o modelo deixa de representar apenas a geometria do empreendimento e passa a constituir um ambiente integrado de informações capaz de apoiar a elaboração do orçamento, a gestão das alterações de projeto e o controle das contratações públicas ao longo de todo o ciclo de vida do ativo (Succar, 2009; Sacks et al., 2018).

2.4 Rastreabilidade da informação, governança digital e mitigação de aditivos contratuais

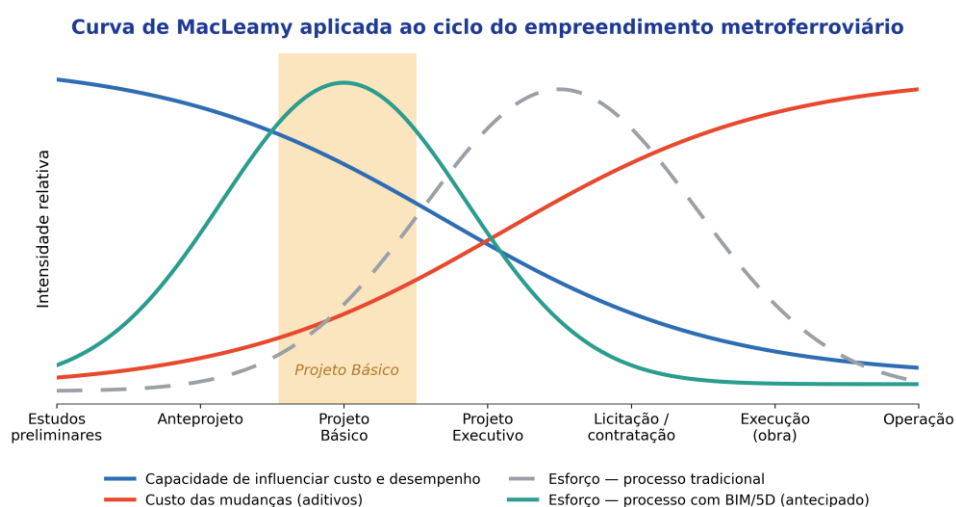
A qualidade da informação produzida durante a elaboração do Projeto Básico influencia diretamente a capacidade da Administração Pública de controlar alterações contratuais ao longo da execução das obras. Sob a perspectiva da governança digital, a rastreabilidade das informações consiste na possibilidade de identificar, verificar e auditar a origem, a evolução e as modificações realizadas em cada elemento do empreendimento, preservando a coerência entre projeto, quantitativos, orçamento e documentação técnica. Essa característica reduz a assimetria informacional entre os agentes envolvidos e fortalece os mecanismos de transparência, responsabilização e controle previstos na legislação brasileira e nas normas internacionais de gestão da informação (ISO, 2018; ABNT, 2021).

A Curva de MacLeamy (Figura 1) representa de forma conceitual essa relação ao apontar que a capacidade de influenciar o desempenho do empreendimento é significativamente maior nas fases iniciais do projeto, enquanto o custo das alterações cresce progressivamente ao longo da execução da obra. Essa interpretação reforça a importância de concentrar esforços na melhoria da qualidade do Projeto Básico, utilizando modelos BIM estruturados e informações consistentes para reduzir retrabalhos, incompatibilidades entre disciplinas e modificações contratuais decorrentes de falhas de planejamento (MacLeamy, 2004; Sacks et al., 2018).

No âmbito das contratações públicas, a rastreabilidade proporcionada pela integração entre BIM e orçamento amplia a capacidade de fiscalização dos órgãos de controle ao permitir a verificação objetiva da correspondência entre os elementos modelados, os quantitativos considerados e as composições utilizadas na formação do preço estimado da contratação. Essa transparência fortalece os princípios da motivação, da economicidade e da prestação de

contas, reduzindo a dependência de verificações exclusivamente documentais e favorecendo auditorias baseadas em evidências digitais. Nesse sentido, a literatura destaca que a governança da informação constitui elemento fundamental para aumentar a confiabilidade dos modelos BIM empregados em empreendimentos públicos (BRASIL, 2010a, 2018, 2025; TCU, 2014; ISO, 2018).

Figura 1: Curva de MacLeamy adaptada ao ciclo do empreendimento metroferroviário



No Projeto Básico a influência sobre o custo é máxima e o custo da mudança é mínimo — janela ótima para a vinculação 5D.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em MacLeamy (2004) e Sacks et al. (2018).

Dessa forma, a vinculação estruturada entre objetos BIM e composições orçamentárias extrapola a dimensão operacional da modelagem tridimensional e passa a constituir um instrumento de governança das contratações públicas. Ao assegurar rastreabilidade, interoperabilidade e consistência entre projeto e orçamento, esse procedimento contribui para reduzir fatores associados à ocorrência de aditivos contratuais decorrentes de incompatibilidades técnicas, reforçando o papel do Projeto Básico como principal mecanismo de planejamento e controle das obras públicas. Essa compreensão fundamenta a proposta metodológica desenvolvida na presente pesquisa e orienta as análises apresentadas nas seções seguintes.

3. METODOLOGIA

3.1 Delineamento metodológico, fontes de evidência e estudo de caso

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, de abordagem predominantemente qualitativa, apoiado por análise empírica descritiva e desenvolvido mediante pesquisa documental, normativa e bibliográfica. A escolha desse delineamento decorre do objetivo de analisar a viabilidade técnica, normativa e operacional da vinculação estruturada entre os objetos do modelo BIM e as composições orçamentárias do Projeto Básico, buscando compreender como esse procedimento pode contribuir para ampliar a rastreabilidade das informações, fortalecer a governança das contratações públicas e mitigar fatores associados à ocorrência de aditivos contratuais. A opção pelo estudo de caso mostra-se adequada por permitir investigar um fenômeno contemporâneo inserido em seu contexto real, preservando as relações entre aspectos técnicos, jurídicos e institucionais que caracterizam empreendimentos públicos de infraestrutura (Yin, 2015; Gil, 2008).

A pesquisa fundamenta-se na triangulação de diferentes fontes de evidência, reunindo documentação normativa, literatura científica, jurisprudência e documentos técnicos do empreendimento analisado. O conjunto documental compreende a Lei nº 14.133/2021, os Decretos nº 10.306/2020 e nº 11.888/2024, a série ABNT NBR ISO 19650, normas relacionadas à interoperabilidade em BIM, documentos técnicos da Estratégia BIM BR, acórdãos do Tribunal de Contas da União sobre Projeto Básico, orçamento de referência e aditivos contratuais, além de artigos científicos nacionais e internacionais que tratam da gestão da informação, BIM 5D, interoperabilidade e governança em empreendimentos de infraestrutura. Essa diversidade de fontes possibilitou confrontar requisitos legais,

fundamentos teóricos e práticas adotadas pela Administração Pública, aumentando a robustez da análise desenvolvida (ABNT, 2021; BRASIL, 2021; TCU, 2014).

O estudo de caso corresponde ao Projeto Básico da Linha 20–Rosa do Metrô de São Paulo, selecionado por representar um empreendimento metroferroviário de elevada complexidade técnica que incorpora exigências relacionadas ao uso do BIM na elaboração dos projetos e do orçamento. A escolha possui caráter instrumental, uma vez que o Termo de Referência prevê requisitos de modelagem, interoperabilidade e extração de quantitativos, constituindo ambiente adequado para avaliar a proposta de vinculação entre objetos BIM, quantitativos, composições orçamentárias e memória de cálculo. A análise concentrou-se nos documentos técnicos da contratação, confrontando suas exigências com as diretrizes estabelecidas pela legislação, pelas normas técnicas e pela literatura especializada, de modo a verificar oportunidades de aperfeiçoamento dos mecanismos de rastreabilidade e governança da informação.

Complementarmente, foi realizada uma análise empírica descritiva de dados provenientes de contratos públicos e documentos oficiais relacionados à ocorrência de aditivos em obras de infraestrutura, com a finalidade de identificar padrões recorrentes de inconsistências entre projeto, quantitativos e orçamento. Diferentemente de uma investigação estatística inferencial, essa etapa teve caráter descritivo e interpretativo, buscando relacionar as evidências observadas às categorias analíticas definidas no referencial teórico, especialmente aquelas associadas à qualidade do Projeto Básico, à interoperabilidade das informações, à rastreabilidade digital e à governança das contratações públicas. A integração dessas evidências fundamentou a elaboração da proposta metodológica

apresentada neste trabalho, permitindo avaliar sua aderência aos princípios da transparência, da auditabilidade e da eficiência previstos na legislação vigente.

3.2 Procedimentos de análise e construção da proposta metodológica

A análise das evidências foi desenvolvida mediante estratégia de triangulação metodológica, integrando informações provenientes da literatura científica, do arcabouço normativo, da jurisprudência dos órgãos de controle e dos documentos técnicos do estudo de caso. Essa abordagem permitiu confrontar diferentes perspectivas sobre o mesmo fenômeno, reduzindo a dependência de uma única fonte de evidência e ampliando a consistência analítica da pesquisa. A triangulação foi utilizada como mecanismo de validação qualitativa dos resultados, buscando identificar convergências entre os fundamentos teóricos do BIM, os requisitos legais das contratações públicas e as exigências operacionais observadas no Projeto Básico da Linha 20–Rosa (Yin, 2015; Gil, 2008).

Os documentos analisados foram submetidos à análise de conteúdo, organizada a partir de categorias previamente definidas com base no referencial teórico. As categorias compreenderam os conceitos de governança da informação, interoperabilidade, rastreabilidade digital, vinculação entre objetos BIM e composições orçamentárias, transparência, auditabilidade e mitigação de aditivos contratuais. Essa sistematização permitiu avaliar a aderência entre os requisitos estabelecidos na legislação, nas normas técnicas e nos documentos da contratação, identificando lacunas e oportunidades de aperfeiçoamento da estrutura informacional do Projeto Básico (Bardin, 2016).

Complementarmente, foi realizada uma classificação causal das ocorrências associadas aos aditivos contratuais descritos na literatura, na jurisprudência e nos documentos institucionais analisados. As ocorrências foram agrupadas segundo sua relação

com falhas de planejamento, incompatibilidades entre projetos, inconsistências de quantitativos, ausência de rastreabilidade das informações ou fatores externos à fase de elaboração do Projeto Básico. Essa classificação permitiu distinguir situações potencialmente mitigáveis mediante a vinculação estruturada entre modelo BIM e orçamento daquelas decorrentes de riscos exógenos à modelagem da informação, orientando a construção da proposta metodológica apresentada neste estudo.

Por fim, os resultados obtidos nas diferentes etapas analíticas foram consolidados por meio de uma matriz de correspondência entre requisitos normativos, requisitos de informação e mecanismos de controle propostos para o ambiente BIM. Essa síntese constituiu a base para o desenvolvimento da proposta normativa apresentada na seção seguinte, assegurando que cada elemento incorporado ao modelo metodológico estivesse fundamentado simultaneamente na literatura especializada, na regulamentação vigente e nas evidências observadas no estudo de caso.

3.3 Elaboração da proposta normativa de vinculação BIM–orçamento

A elaboração da proposta normativa partiu da síntese das evidências obtidas nas etapas anteriores da pesquisa, buscando converter os requisitos identificados na literatura, na legislação e nos documentos técnicos em diretrizes operacionais aplicáveis às contratações públicas. Em vez de propor um novo procedimento tecnológico, a pesquisa concentrou-se na estruturação de requisitos funcionais capazes de disciplinar a vinculação entre objetos do modelo BIM, quantitativos, composições orçamentárias e memória de cálculo, preservando a interoperabilidade e a neutralidade tecnológica previstas na legislação brasileira e nas normas internacionais de gestão da informação (BRASIL, 2021; ABNT, 2021).

A proposta foi desenvolvida na forma de uma cláusula editalícia destinada à fase de Projeto Básico, estabelecendo requisitos mínimos para organização das informações, identificação unívoca dos objetos modelados, associação das composições de custo e disponibilização dos respectivos elementos de rastreabilidade. Buscou-se, dessa forma, garantir que a extração dos quantitativos utilizados na elaboração do orçamento pudesse ser integralmente auditada a partir do modelo BIM, reduzindo inconsistências entre projeto e orçamento e ampliando a transparência do processo de formação dos preços de referência.

Além da redação da cláusula normativa, foi estruturado um protocolo de verificação destinado à Administração Pública, contendo critérios objetivos para conferência da consistência entre o modelo BIM e os documentos orçamentários. Esse protocolo contempla procedimentos relacionados à identificação dos objetos, conferência dos quantitativos, verificação das composições de custo e rastreamento das alterações realizadas durante o desenvolvimento do projeto, permitindo que o processo de fiscalização seja realizado de forma sistemática e baseada em evidências digitais.

A proposta metodológica não pretende substituir os procedimentos atualmente adotados pelos órgãos contratantes, mas oferecer um instrumento complementar de governança aplicável à elaboração do Projeto Básico em empreendimentos de infraestrutura. Sua contribuição reside na sistematização de requisitos que favorecem a rastreabilidade das informações, fortalecem a auditabilidade dos modelos BIM e ampliam a consistência entre projeto e orçamento, criando condições mais favoráveis para a redução de inconsistências técnicas e da necessidade de aditivos contratuais durante a execução das obras.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

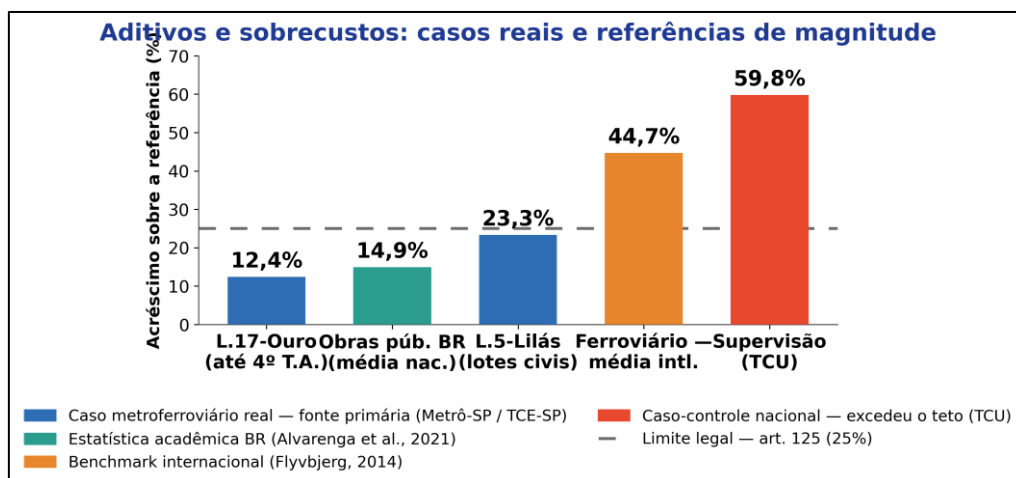
4.1 Evidências empíricas da ocorrência de aditivos e delimitação do escopo da pesquisa

As evidências reunidas nesta pesquisa indicam que inconsistências entre projeto, quantitativos e orçamento constituem fator recorrente na ocorrência de aditivos contratuais em obras públicas de infraestrutura, particularmente em empreendimentos metroferroviários de grande porte. A análise dos casos selecionados confirma que parcela significativa dessas alterações está associada a fragilidades verificadas ainda na fase preparatória das contratações, justificando a investigação de mecanismos capazes de ampliar a consistência entre projeto e orçamento.

A literatura internacional indica que sobrecustos constituem fenômeno recorrente em empreendimentos ferroviários. Flyvbjerg, Holm e Buhl (2002), posteriormente corroborados por Flyvbjerg (2014), identificaram sobrecustos médios próximos de 45% em projetos ferroviários. No contexto brasileiro, embora os percentuais observados sejam inferiores, estudos também apontam elevada incidência de aditivos em contratos de obras públicas, com acréscimos médios de aproximadamente 15% e recorrentes alterações de prazo e custo decorrentes de deficiências de planejamento.

Os casos metroferroviários analisados apresentam comportamento coerente com as evidências da literatura. Embora os percentuais observados sejam inferiores aos grandes sobrecustos reportados em empreendimentos ferroviários internacionais, aproximam-se do limite legal de acréscimos quantitativos previsto no art. 125 da Lei nº 14.133/2021, indicando que deficiências quantitativas do Projeto Básico permanecem relevantes para a gestão contratual (Figura 2).

Figura 2: Magnitude de sobrecustos e aditivos em referências nacionais e internacionais



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do METRÔ-SP (Contrato nº 1001451703, T.A. assinados), fiscalização do TCE-SP (SÃO PAULO/TCE-SP, 2016), Alvarenga et al. (2021), Flyvbjerg (2014) e fiscalizações do TCU. Notas: As grandezas têm naturezas distintas, acréscimo acumulado por contrato, médias entre contratos e caso extremo, e não são diretamente comparáveis. O teto de 25% (art. 125) rege apenas aditivos de contratos sob a lei brasileira; o benchmark internacional é sobrecusto total de carteira, a ele não sujeito; e o caso-controle figura por tê-lo excedido, irregularidade apontada pelo TCU (notas metodológicas no Anexo I).

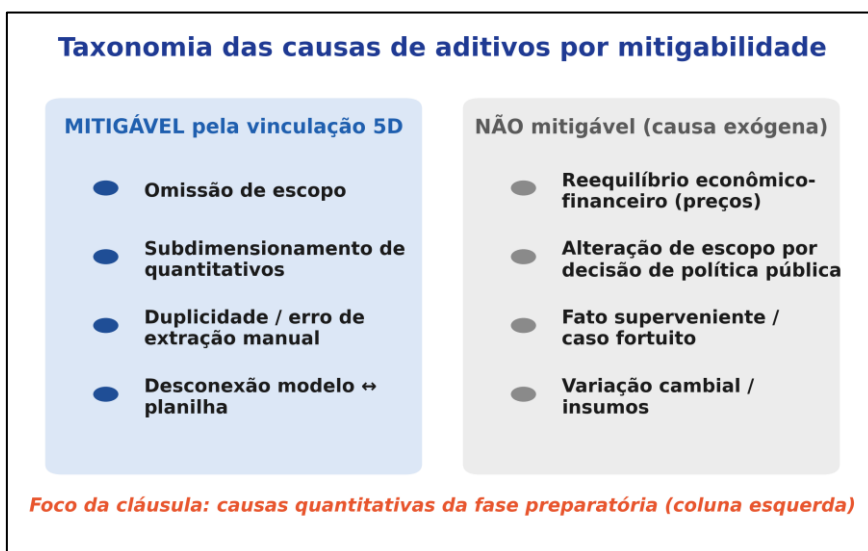
Os casos analisados evidenciam comportamentos distintos. Nas obras civis da Linha 17-Ouro, os acréscimos acumulados atingiram 12,4% do valor originalmente contratado, enquanto os lotes civis da Linha 5-Lilás alcançaram aproximadamente 23,3%, próximos ao limite legal, em contexto associado à revisão do Projeto Básico e à inclusão de serviços durante a execução. Em contrapartida, a Linha 6-Laranja representa situação diversa, caracterizada predominantemente por recomposição do equilíbrio econômico-financeiro decorrente de riscos geotécnicos, hipótese que extrapola o escopo desta pesquisa.

Essa distinção evidencia que nem todos os aditivos possuem a mesma origem. Com base na análise documental, as ocorrências foram classificadas em duas categorias: (i) causas relacionadas à qualidade das informações produzidas durante a elaboração do Projeto Básico, potencialmente mitigáveis mediante maior rastreabilidade entre modelo BIM, quantitativos e orçamento; e (ii) causas decorrentes de fatores exógenos, como riscos geológicos, alterações de escopo por decisão administrativa, eventos supervenientes ou mecanismos de recomposição econômico-financeira.

A Figura 3 apresenta essa classificação, delimitando o campo de atuação da proposta desenvolvida neste trabalho. Seu objetivo não é eliminar todas as modalidades de aditivos contratuais, mas reduzir aquelas decorrentes de falhas quantitativas da fase preparatória, especialmente omissões de escopo, subdimensionamentos, erros de quantificação e inconsistências entre modelo e planilha orçamentária.

A diferenciação também se confirma quando se comparam contratos de obra e contratos de concessão. Enquanto os primeiros concentram alterações quantitativas associadas à qualidade do Projeto Básico, os segundos refletem predominantemente mecanismos de repartição de riscos e reequilíbrio econômico-financeiro, sujeitos a fundamentos jurídicos distintos.

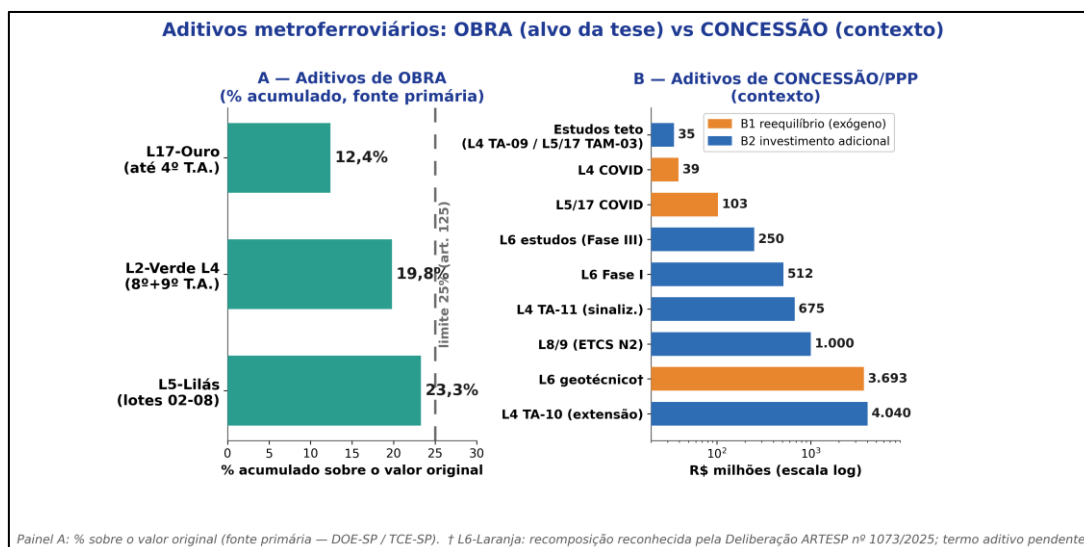
Figura 3: Taxonomia das causas de aditivos por mitigabilidade pela vinculação BIM-orçamento



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 4 evidencia essa diferença e reforça a delimitação do escopo da pesquisa. A proposta de vinculação BIM-orçamento concentra-se exclusivamente sobre causas quantitativas originadas na fase preparatória, nas quais a melhoria da rastreabilidade entre projeto, quantitativos e orçamento pode contribuir para reduzir inconsistências e ampliar a confiabilidade do orçamento de referência.

Figura 4: Aditivos metroferroviários por família: contratos de obra e contratos de concessão.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em DOE-SP, ARTESP, SPI, TCE-SP e Agência SP.

Notas: Aditivos metroferroviários por família: obra (alvo da tese; % acumulado sobre o valor original fonte primária, com o limite de 25% do art. 125 da Lei nº 14.133/2021) e concessão (R\$ milhões, escala logarítmica; B1 reequilíbrio exógeno, B2 investimento adicional/expansão).

Em síntese, as evidências apresentadas confirmam que deficiências quantitativas do Projeto Básico permanecem entre os principais fatores associados à ocorrência de aditivos em empreendimentos metroferroviários. Delimitado esse universo de análise, passa-se à avaliação do Projeto Básico da Linha 20–Rosa, verificando em que medida seus requisitos atuais permitem incorporar mecanismos adicionais de rastreabilidade entre modelo BIM e orçamento.

4.2 Avaliação do Projeto Básico da Linha 20-Rosa quanto aos requisitos de governança da informação

Após indicar que alterações quantitativas e inconsistências entre projeto e orçamento constituem fatores recorrentes em empreendimentos de infraestrutura, procedeu-se à análise do Projeto Básico da Linha 20–Rosa com o objetivo de verificar se os requisitos estabelecidos para a futura contratação oferecem condições para incorporar mecanismos adicionais de rastreabilidade da informação. A avaliação concentrou-se nos documentos que compõem o Termo de Referência da licitação, especialmente nas exigências relacionadas à

modelagem BIM, à interoperabilidade, à extração de quantitativos e à organização das informações técnicas produzidas durante a elaboração do Projeto Básico.

A análise documental evidencia que o Termo de Referência representa um avanço em relação aos modelos tradicionalmente adotados em contratações públicas de projetos metroferroviários. O documento estabelece diretrizes para utilização do BIM, define requisitos mínimos para desenvolvimento dos modelos digitais e prevê a utilização de padrões voltados à interoperabilidade entre disciplinas, aproximando-se das diretrizes estabelecidas pela Lei nº 14.133/2021, pela Estratégia BIM BR e pela série ABNT NBR ISO 19650 (BRASIL, 2021; ABNT, 2021). Essas exigências indicam que o empreendimento já adota a informação digital como elemento estruturante do Projeto Básico.

Entretanto, a leitura sistemática do Termo de Referência também evidencia que os requisitos atualmente previstos se concentram na produção e na entrega dos modelos digitais, sem estabelecer mecanismos específicos que assegurem a vinculação permanente entre os objetos modelados, os quantitativos deles extraídos e as composições utilizadas na elaboração do orçamento de referência. Em consequência, permanece dependente de procedimentos de conferência desenvolvidos pelos projetistas a verificação da correspondência entre o modelo BIM e a documentação orçamentária, dificultando a rastreabilidade das alterações introduzidas ao longo do desenvolvimento do projeto.

Tabela 2 – Classificação dos aditivos contratuais em empreendimentos metroferroviários, segundo natureza e magnitude financeira.

Família	Caso / instrumento	Valor ou variação	Tipo / motivação
A — OBRA	L17-Ouro (até 4º T.A.)	+12,4% acumulado	quantitativo (escopo)
A — OBRA	L2-Verde – Lote 4 (8º e 9º T.A.)	+19,8% acumulado	quantitativo
A — OBRA	L5-Lilás (Lotes 02–08)	+23,3% acumulado	quantitativo (agregado)
A — OBRA	L15-Prata (16º T.A.)	+R\$ 18,1 milhões	quantitativo

A — OBRA	Magnitude por aditivo (N = 8)	média R\$ 37,4 milhões (mediana R\$ 35,7 milhões)	—
B1 — Reequilíbrio	L4-Amarela (TA-08 – COVID)	R\$ 39,2 milhões (VPL 2005)	exógeno (pandemia)
B1 — Reequilíbrio	L5/17 (TAM-02 – COVID)	R\$ 102,8 milhões (VPL 2017)	exógeno (pandemia)
B1 — Reequilíbrio	L6-Laranja (recomposição)	R\$ 3.692,7 milhões	exógeno (risco geotécnico)
B2 — Investimento	Estudos-teto: L4 TA-09 / L5-17 TAM-03	R\$ 35 milhões (teto)	preparatório (ressarcimento)
B2 — Investimento	L6-Laranja (estudos Fase III)	R\$ 250 milhões (teto)	preparatório
B2 — Investimento	L6-Laranja (Fase I)	R\$ 512,3 milhões	investimento adicional
B2 — Investimento	L4-Amarela (TA-11 – sinalização)	R\$ 675,4 milhões	investimento adicional
B2 — Investimento	L8/9 (ETCS Nível 2)	R\$ 1.000 milhões	investimento adicional
B2 — Investimento	L4-Amarela (TA-10 – extensão)	R\$ 4.040 milhões	expansão e prorrogação

Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora a Tabela 2 apresente casos de contratos distintos do empreendimento analisado, sua utilização neste estudo possui finalidade comparativa. A sistematização das diferentes modalidades de aditivos indica que alterações quantitativas e revisões de projeto coexistem com eventos de natureza diversa, como reequilíbrios econômico-financeiros e investimentos adicionais decorrentes da repartição contratual de riscos. Essa distinção reforça que o aperfeiçoamento proposto nesta pesquisa não se destina a todos os tipos de alterações contratuais, mas especificamente àquelas relacionadas à qualidade das informações produzidas durante a elaboração do Projeto Básico, cuja prevenção depende da consistência entre modelo, quantitativos e orçamento.

Sob a perspectiva da governança da informação, verificou-se que o Projeto Básico da Linha 20 - Rosa reúne condições institucionais favoráveis para incorporar esse aperfeiçoamento sem necessidade de alteração da estrutura geral da contratação. A adoção de requisitos funcionais voltados à rastreabilidade das informações pode ser implementada

de forma complementar às exigências já previstas para modelagem BIM, preservando a neutralidade tecnológica do certame e mantendo compatibilidade com plataformas interoperáveis baseadas em padrões abertos, especialmente o schema IFC. Dessa forma, a proposta não modifica a metodologia de elaboração dos projetos, mas amplia os mecanismos de controle sobre a consistência das informações que fundamentam o orçamento de referência.

Conclui-se, portanto, que o estudo de caso apresenta maturidade técnica suficiente para receber mecanismos adicionais de governança da informação, constituindo ambiente adequado para aplicação da proposta desenvolvida nesta pesquisa. A partir dessa constatação, o item seguinte apresenta o modelo de vinculação BIM–orçamento, concebido para estabelecer relações rastreáveis entre objetos modelados, quantitativos, composições de custos e memória de cálculo, fortalecendo a auditabilidade do Projeto Básico sem restringir a competitividade da futura contratação.

4.3 Proposta de vinculação BIM–orçamento

A análise desenvolvida nos itens anteriores demonstrou que o Projeto Básico da Linha 20 - Rosa já incorpora requisitos consistentes para utilização do BIM, especialmente quanto à modelagem, compatibilização de disciplinas e extração de quantitativos. Entretanto, verificou-se que o Termo de Referência não estabelece mecanismos explícitos destinados a assegurar a vinculação permanente entre os objetos modelados, os quantitativos extraídos e as composições utilizadas na elaboração do orçamento de referência. A proposta desenvolvida nesta pesquisa busca preencher essa lacuna mediante a definição de um modelo de governança da informação que fortalece a rastreabilidade entre projeto e orçamento, sem alterar a estrutura geral da contratação.

A proposta fundamenta-se no princípio de que cada quantitativo constante da planilha orçamentária deve possuir correspondência objetiva com um elemento existente no modelo BIM, permitindo que todas as alterações promovidas durante o desenvolvimento do Projeto Básico permaneçam documentadas e verificáveis. Para isso, cada objeto modelado passa a constituir a unidade elementar de informação, mantendo associação permanente com seus atributos geométricos, quantitativos, composições de custo e memória de cálculo. Dessa forma, a atualização do modelo digital deixa de produzir alterações isoladas em documentos independentes, passando a preservar automaticamente a consistência entre projeto, quantitativos e orçamento.

Observa-se que na proposta o modelo BIM permanece como fonte primária das informações técnicas do empreendimento, enquanto os quantitativos extraídos são vinculados às respectivas composições de custo e à memória de cálculo correspondente. Essa organização permite que cada item do orçamento de referência possa ser rastreado até o elemento físico que lhe deu origem, ampliando a transparência do processo de elaboração do Projeto Básico e reduzindo inconsistências decorrentes da atualização independente entre modelos, planilhas e documentos complementares.

Outro aspecto relevante da proposta consiste em sua neutralidade tecnológica. Os requisitos estabelecidos concentram-se na organização e na rastreabilidade das informações, e não na utilização de determinado software ou plataforma computacional. Assim, a solução pode ser implementada em diferentes ambientes BIM compatíveis com padrões abertos de interoperabilidade, especialmente o esquema IFC (Industry Foundation Classes), preservando a competitividade da futura licitação e a aderência às diretrizes estabelecidas pela Lei nº

14.133/2021, pela Estratégia BIM BR e pela ABNT NBR ISO 19650 (BRASIL, 2021; BRASIL, 2024; ABNT, 2021).

A proposta também não modifica os critérios técnicos de elaboração do orçamento nem substitui as metodologias tradicionalmente utilizadas para composição de custos em obras públicas. Seu objetivo consiste em estabelecer requisitos mínimos de governança da informação que assegurem a integridade das relações entre projeto, quantitativos e orçamento durante todo o desenvolvimento do Projeto Básico. Com isso, busca-se reduzir inconsistências passíveis de prevenção ainda na fase preparatória da contratação, fortalecendo a auditabilidade das informações e oferecendo maior segurança técnica para as etapas subsequentes de licitação, fiscalização e execução contratual.

Por fim, destaca-se que a contribuição desta pesquisa não reside na criação de uma nova metodologia de orçamentação, mas na proposição de um mecanismo de vinculação informacional passível de incorporação aos documentos licitatórios. Essa característica permite que a solução seja aplicada em diferentes empreendimentos públicos desenvolvidos em ambiente BIM, preservando sua compatibilidade com os instrumentos atualmente utilizados pela Administração Pública. A forma de implementação dessa proposta no Projeto Básico da Linha 20 - Rosa, mediante minuta de cláusula editalícia e protocolo de verificação, é apresentada no item seguinte.

4.4 Implementação da proposta no processo de contratação pública

A proposta apresentada no item anterior foi estruturada para ser incorporada ao processo de contratação sem alterar a lógica geral de elaboração do Projeto Básico prevista para a Linha 20 - Rosa. Em vez de substituir os requisitos já estabelecidos no Termo de Referência, a pesquisa propõe sua complementação mediante a inclusão de exigências

voltadas à rastreabilidade das informações entre modelo BIM, quantitativos, composições orçamentárias e memória de cálculo. Dessa forma, preservam-se os procedimentos técnicos atualmente previstos para desenvolvimento dos projetos, ao mesmo tempo em que se amplia a capacidade de controle sobre a consistência das informações utilizadas na formação do orçamento de referência.

A operacionalização dessa proposta foi materializada na forma de uma minuta de cláusula editalícia, elaborada para estabelecer requisitos funcionais de organização da informação, sem restringir a utilização de plataformas computacionais específicas. A cláusula concentra-se na definição dos produtos esperados da futura contratada e nos vínculos mínimos que deverão ser preservados entre os elementos do modelo BIM e a documentação orçamentária, mantendo aderência aos princípios da neutralidade tecnológica, da interoperabilidade e da ampla competitividade previstos na Lei nº 14.133/2021 e na Estratégia BIM BR (BRASIL, 2021; BRASIL, 2024).

A redação proposta para essa cláusula encontra-se apresentada no Anexo II, permitindo sua adaptação a futuros editais de contratação de projetos desenvolvidos em ambiente BIM. A opção por apresentar o texto completo em anexo evita sobrecarregar o corpo principal do artigo e evidencia o caráter aplicado da pesquisa, oferecendo à Administração Pública um instrumento que pode ser utilizado como referência na elaboração de documentos licitatórios.

Complementarmente, a pesquisa propõe um protocolo de verificação destinado ao recebimento dos produtos entregues pela futura contratada. Esse protocolo estabelece critérios objetivos para conferência da correspondência entre objetos modelados, quantitativos, composições orçamentárias e memória de cálculo, permitindo verificar se as

relações de rastreabilidade previstas no Projeto Básico foram efetivamente implementadas. O protocolo completo encontra-se apresentado no Anexo V, constituindo instrumento de apoio às atividades de fiscalização e aceite dos produtos desenvolvidos.

A adoção conjunta da cláusula editalícia e do protocolo de verificação transforma a vinculação BIM–orçamento em requisito verificável da contratação, reduzindo a dependência de conferências manuais entre modelos, planilhas e documentos complementares. Com isso, a proposta amplia a transparência e a auditabilidade das informações produzidas durante a elaboração do Projeto Básico, fortalecendo a governança da informação sem alterar as metodologias de projeto e orçamento já consolidadas na prática profissional.

Por fim, destaca-se que a solução desenvolvida possui potencial de aplicação em outros empreendimentos públicos que adotem o BIM como instrumento de desenvolvimento de projetos, independentemente do modal de transporte ou da plataforma computacional utilizada. Sua contribuição consiste na definição de requisitos objetivos de rastreabilidade da informação, passíveis de adaptação às especificidades de cada contratação, preservando a compatibilidade com os instrumentos normativos atualmente vigentes e oferecendo uma alternativa para o aperfeiçoamento da qualidade das informações produzidas na fase preparatória das licitações

4.5. Discussão dos resultados apresentados

Os resultados obtidos permitem interpretar que a principal contribuição desta pesquisa não reside na adoção do BIM como ferramenta de modelagem tridimensional, mas na utilização da rastreabilidade entre objetos do modelo, quantitativos, composições de custo e memória de cálculo como mecanismo de governança da informação aplicável à fase preparatória das contratações públicas. Essa interpretação é compatível com a Lei nº

14.133/2021, que exige orçamento estimado fundamentado em quantitativos adequadamente avaliados, com os Decretos nº 10.306/2020 e nº 11.888/2024, que consolidam o BIM como política pública para empreendimentos de engenharia, e com a ABNT NBR ISO 19650, ao enfatizar que a qualidade da informação constitui elemento central para o gerenciamento do ciclo de vida dos ativos. Sob essa perspectiva, a proposta desenvolvida amplia o potencial do BIM como instrumento de transparência, auditabilidade e controle, convertendo a consistência entre projeto e orçamento em requisito verificável da contratação pública.

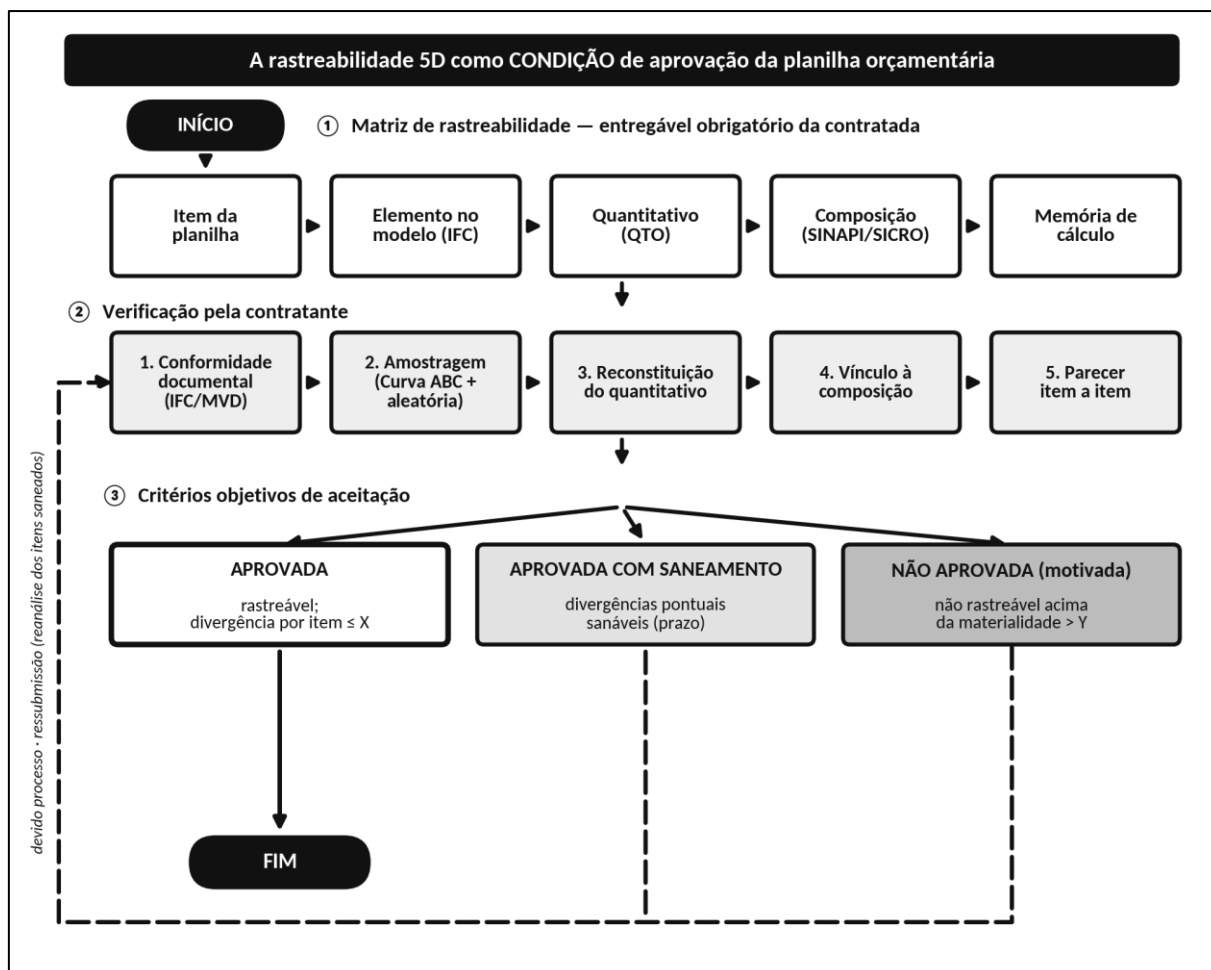
Os resultados também convergem com a literatura nacional e internacional ao indicar que parcela relevante dos desvios de custo e das alterações contratuais decorre de fragilidades presentes nas etapas iniciais de planejamento e elaboração dos projetos. A recorrência de sobrecustos em empreendimentos ferroviários, documentada por Flyvbjerg (2014), assim como as evidências apresentadas pelos órgãos de controle brasileiros sobre deficiências de Projeto Básico, reforçam que a melhoria da qualidade da informação produzida antes da licitação possui potencial para reduzir incertezas durante a execução contratual. Nesse contexto, a classificação das causas dos aditivos proposta neste trabalho evidencia que a vinculação BIM–orçamento não pretende eliminar todos os eventos capazes de gerar alterações contratuais, mas atuar especificamente sobre aqueles relacionados à inconsistência entre projeto, quantitativos e orçamento, cuja mitigação depende diretamente da qualidade das informações produzidas na fase preparatória.

Embora tecnicamente viável, a implementação da proposta pressupõe condições institucionais que não devem ser negligenciadas. Sua efetividade depende da maturidade BIM dos órgãos contratantes, da capacitação das equipes responsáveis pela análise dos modelos

digitais e da adoção de ambientes de dados compatíveis com os princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 19650. Da mesma forma, a exigência de rastreabilidade deve preservar a neutralidade tecnológica, a interoperabilidade e a ampla competitividade entre fornecedores, evitando requisitos que, ainda que formulados de maneira funcional, possam restringir indevidamente a participação no certame. Por essa razão, recomenda-se que sua adoção ocorra de forma proporcional à complexidade do empreendimento e seja acompanhada por procedimentos objetivos de verificação, como aqueles propostos nesta pesquisa.

Em síntese, a análise desenvolvida indica que a vinculação estruturada entre modelo BIM e orçamento representa um aperfeiçoamento da governança das contratações públicas, deslocando parte do controle tradicionalmente exercido durante a execução da obra para a fase de elaboração do Projeto Básico. Ao fortalecer a rastreabilidade das informações, ampliar a auditabilidade do orçamento de referência e reduzir a assimetria informacional entre contratante e contratado, a proposta contribui para enfrentar, na origem, uma das principais causas de aditivos quantitativos identificadas nesta pesquisa, preservando a compatibilidade com o arcabouço normativo vigente e oferecendo uma solução potencialmente replicável em futuros empreendimentos de infraestrutura. A Figura 5 sintetiza o protocolo de aceite proposto, detalhado no Anexo V.

Figura 5: Protocolo objetivo de aceite da planilha orçamentária de referência



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: A rastreabilidade 5D como condição de aprovação (Anexo V). A verificação pela contratante é integral quanto à obrigação de rastreabilidade e conferida por amostragem (Curva ABC), concluindo em parecer motivado (aprovada, aprovada com saneamento ou não aprovada), assegurado o devido processo - contraditório, saneamento e reanálise dos itens saneados, com registro no CDE e à luz da ABNT NBR ISO 19650-2.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve por objetivo propor um modelo de vinculação entre os elementos do BIM e as composições orçamentárias do Projeto Básico, fundamentado na Lei nº 14.133/2021, na Estratégia BIM BR e na série ABNT NBR ISO 19650, utilizando o Projeto Básico da Linha 20 - Rosa do Metrô de São Paulo como estudo de caso. A investigação permitiu apontar que a incorporação de requisitos formais de rastreabilidade entre modelo digital,

quantitativos, composições de custo e memória de cálculo é tecnicamente viável e compatível com o atual arcabouço normativo brasileiro, constituindo um mecanismo capaz de fortalecer a qualidade das informações produzidas durante a fase preparatória das contratações públicas de infraestrutura.

Os resultados obtidos evidenciam que a proposta desenvolvida atua sobre um conjunto específico de fatores associados aos aditivos contratuais, relacionados principalmente à consistência entre projeto, quantitativos e orçamento. Ao estruturar a vinculação entre os objetos modelados e os elementos que compõem o orçamento de referência, amplia-se a transparência das informações, favorece-se a rastreabilidade das decisões técnicas e fortalecem-se os mecanismos de verificação e auditoria antes da licitação, etapa reconhecida pela literatura como aquela de maior capacidade de influência sobre os custos, os riscos e o desempenho dos empreendimentos ao longo de seu ciclo de vida.

A principal contribuição científica deste trabalho consiste em deslocar a aplicação do BIM de uma abordagem predominantemente voltada à modelagem digital para uma perspectiva centrada na governança da informação. Nesse sentido, a pesquisa aponta que a vinculação estruturada entre modelo BIM, quantitativos, composições orçamentárias e memória de cálculo pode ser tratada como requisito funcional do Projeto Básico e incorporada aos documentos licitatórios por meio de critérios objetivos e verificáveis, preservando a neutralidade tecnológica, a interoperabilidade entre plataformas e a ampla competitividade das contratações públicas. Sob o ponto de vista aplicado, a minuta de cláusula editalícia e o protocolo de verificação desenvolvidos representam produtos técnicos capazes de apoiar órgãos públicos na elaboração, fiscalização e recebimento de projetos desenvolvidos em ambiente BIM.

Como limitações, o estudo concentrou-se em um único empreendimento e restringiu sua análise à fase de elaboração do Projeto Básico, não abrangendo a validação empírica da proposta durante a execução contratual. Recomenda-se que pesquisas futuras avaliem sua aplicação em diferentes modalidades de obras públicas e mensurem seus efeitos sobre a qualidade dos orçamentos, a rastreabilidade das informações e a incidência de aditivos quantitativos. Conclui-se, portanto, que o maior potencial do BIM para a Administração Pública não está apenas na modelagem digital dos empreendimentos, mas na sua capacidade de estruturar informações confiáveis, rastreáveis e auditáveis ao longo da fase preparatória da contratação. Sob essa perspectiva, a vinculação entre modelo e orçamento proposta neste estudo representa um mecanismo de fortalecimento da governança pública, contribuindo para a melhoria da qualidade dos Projetos Básicos e para o aperfeiçoamento das contratações de infraestrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, F. C.; Maués, L. M. F.; Santos Júnior, P. C.; Macedo, A. N. Alterações de custo e prazo em obras públicas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 215-233, jan./mar. 2021.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 19650-2: organização da informação acerca de trabalhos da construção - gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 2: fase de entrega de ativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- Brandstetter, M. C. G. O.; Ribeiro, H. R. O. Causas de custos adicionais e impacto financeiro em obras públicas sob a perspectiva da gestão de risco. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 41-63, jan./mar. 2020. DOI: 10.1590/s1678-86212020000100362.
- Brasil. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia pela administração pública federal. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 3 abr. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm.
- Brasil. Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a Estratégia BIM BR. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 22 jan. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Decreto/D11888.htm.

- Brasil. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1 abr. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1.411/2016 — Plenário (Processo 019.247/2010-9; obras de controle de inundações na Baixada Fluminense — Projeto Iguaçu/INEA). Brasília: TCU, 2016b.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1.590/2013 - Plenário (jogo de planilha e sobrepreço). Brasília: TCU, 2013a.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1.977/2013 - Plenário (empreitada por preço global). Brasília: TCU, 2013b.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 2.391/2025 - Plenário (Processo TC 024.760/2024-2; supervisão das obras do Canal do Sertão Alagoano - Contrato nº 75/2017-CPL/AL). Brasília: TCU, 2025.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 2.461/2018 - Plenário (Fiscobras 2018; Processo TC 025.542/2017-6; Gráfico 8). Brasília: TCU, 2018.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 291/2016 - Plenário (Fiscobras 2011; Processo 012.626/2011-2). Brasília: TCU, 2016a.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 749/2010 - Plenário (vedação de compensação entre acréscimos e supressões; trânsito em julgado em 3 abr. 2012). Brasília: TCU, 2010a.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Relatório de Consolidação das Fiscalizações em Obras Públicas (Fiscobras 2022). Brasília: TCU, 2022.
- Brasil. Tribunal de Contas da União. Súmula nº 261: necessidade de projeto básico adequado e atualizado em licitações de obras e serviços de engenharia. Aprovada pelo Acórdão nº 1.536/2010 — Plenário. Brasília: TCU, 2010b.
- Buildingsmart International. Industry Foundation Classes (IFC) - ISO 16739-1:2018. [S. l.]: buildingSMART, 2018.
- Bundesrechnungshof (Alemanha). Bericht nach § 88 Absatz 2 BHO über den Konzernabschluss der Deutschen Bahn AG 2024: auditoria de custos, inclui o projeto Stuttgart 21. Bonn: Bundesrechnungshof, 2025.
- Caixa Econômica Federal. SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil: Manual de Metodologias e Conceitos. Brasília: CAIXA, 2024. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2026.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. SICRO - Sistema de Custos Referenciais de Obras. Brasília: DNIT, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit>. Acesso em: 27 jul. 2026.
- European Committee For Standardization. EN 17412-1:2020: Building Information Modelling — Level of Information Need — Part 1: Concepts and principles. Brussels: CEN, 2020. Substituída pela ISO 7817-1:2024.
- Flyvbjerg, B. What you should know about megaprojects and why: an overview. Project Management Journal, v. 45, n. 2, p. 6-19, 2014.
- Flyvbjerg, B.; Holm, M. S.; Buhl, S. Underestimating costs in public works projects: error or lie? Journal of the American Planning Association, v. 68, n. 3, p. 279-295, 2002.
- Gil, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building

- information modelling - Part 1: Concepts and principles. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
- Khosakitchalert, C.; Yabuki, N.; Fukuda, T. Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements. *Automation in Construction*, v. 106, art. 102891, 2019.
- Love, P. E. D.; Smith, J.; Ackermann, F.; Irani, Z.; Teo, P. The costs of rework: insights from construction and opportunities for learning. *Production Planning & Control*, v. 29, n. 13, p. 1082–1095, 2018. (Sugiro verificar se esta é a mesma obra que você já utiliza no artigo; se estiver citando outro trabalho de Love et al., manter exatamente a referência correspondente.)
- Macleamy, P. Collaboration, Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation. CURT/COAA International Symposium, Toronto, 2004.
- METRÔ-SP - Companhia do Metropolitano De São Paulo. Contrato nº 1001451703 (Agis Construção S.A.): obras civis remanescentes da Linha 17-Ouro - valor original R\$ 595.939.008,10 (data-base 01/08/2019; extrato no DOE-SP, Caderno Empresarial, 14 set. 2023, código de autenticidade 2023.09.14.4.1.873.37.293992); acréscimo acumulado de 12,4% sobre o valor original até o 4º termo de aditamento (memória de cálculo no Anexo I). São Paulo: Metrô-SP, 2023–2026. Disponível em: <https://aplic.metrosp.com.br/as0001/frontendTransparencia/index.php/arquivo/view/id/23492>. Acesso em: 13 jul. 2026.
- METRÔ-SP - Companhia do Metropolitano De São Paulo. Extrato do 9º termo aditivo do contrato de extensão da Linha 2-Verde, Lote 4 (Processo 4138221304-Adt.09 - Consórcio Construtor Metrô Linha 2-Verde Lote 4): R\$ 41.745.204,42 (data-base 01/07/2014) e prorrogação até 29/06/2026; assinado em 20/05/2025. DOE-SP, Caderno Empresarial, 21 maio 2025. Código de autenticidade 2025.05.20.4.1.901.427.1089251. 8º termo aditivo: R\$ 59.344.664,61, DOE-SP, Caderno Empresarial, 25 out. 2024, código de autenticidade 2024.10.25.4.1.873.37.677206.
- METRÔ-SP - Companhia do Metropolitano De São Paulo. Termo de Referência do Projeto Básico da Linha 20-Rosa - Anexo VIII: RT-20.00.00.00/1A9-001 Rev. A (Lote 1) e RT-20.00.00.00/1A9-002 Rev. 0 (Lote 2). Emissão 12/12/2023. São Paulo: Metrô-SP, 2023b. Item 4.4.3.15.
- METRÔ-SP - Companhia do Metropolitano De São Paulo; ARTESP. Recomposição econômico-financeira da Linha 6-Laranja (Contrato de Concessão Patrocinada nº 015/2013; Concessionária Linha Universidade S.A.): desequilíbrio reconhecido em R\$ 3.692.726.066,99 (valores de março/2025; R\$ 826.137.137,36 em VPL, outubro/2013) por risco geotecnológico - Deliberação ARTESP nº 1073, de 19/12/2025 (DOE-SP, Caderno Executivo, 22 dez. 2025; código de autenticidade 2025.12.19.1.1.35.17.1.203.1542555); TAM 04/2025 autorizado pela Deliberação ARTESP nº 877/2025; 4º termo aditivo assinado em 30/12/2025 (DOE-SP, Caderno Executivo, 2 jan. 2026; código de autenticidade 2025.12.30.1.3.33.17.197.1552264).
- Sacks, R.; Eastman, C.; Lee, G.; Teicholz, P. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
- Santos, H. de P.; Starling, C. M. D.; Andery, P. R. P. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 225-242, out./dez. 2015.

- Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.
- São Paulo (Estado). Tribunal de Contas do Estado de São Paulo. Fiscalização das obras civis da Linha 5-Lilás do Metrô (lotes 02-08): despacho do Conselheiro relator Antonio Roque Citadini. *Diário Oficial do Estado de São Paulo, Caderno Legislativo*, São Paulo, 24 jun. 2016.
- Tribunal de Contas da União. Referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública. Brasília: TCU, 2014. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2026.
- Věrný, L.; Žák, J. A cost–benefit analysis of BIM methodology implementation in the preparation and construction phase of public sector projects. *Buildings*, v. 15, art. 3837, 2025.
- Yin, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ANEXO I — MEMÓRIA DE CÁLCULO DO MÓDULO EMPÍRICO

Painel compilado de casos reais e referências de sobrecusto/aditivo e estatística descritiva; a Figura 2 plota o subconjunto comparável em percentual, acrescido da estatística acadêmica nacional (Alvarenga et al., 2021), e a Tabela A1 registra o painel completo. Valores em percentual sobre o valor inicial do contrato.

Tabela A1 – Casos reais de aditivos metroferroviários e referências de magnitude.

Referência / caso	Valor ou variação	Fonte
Linha 15-Prata — contrato de expansão	16 T.A.; total atual. R\$ 3,005 bi (rec.)	METRÔ-SP (2023a)
Linha 2-Verde — Lote 4 (8º e 9º T.A.)	+R\$ 59,3 mi (8º) + R\$ 41,7 mi (9º)	METRÔ-SP (DOE 2024/2025)
Linha 5-Lilás — lotes 02–08 (obra civil)	+R\$ 943 mi (~23,3%) acum. após 9º T.A.	TCE-SP (auditoria)
Linha 6-Laranja — recomposição (exógena)	~R\$ 3,69 bi; exógena (reequilíbrio)	ARTESP, Delib. 1073 (2025)
Média ferroviária (internacional)	+44,7% (sobrecusto médio)	Flyvbjerg (2014)
Contrato de supervisão (excedeu teto)	+59,81%	TCU, Ac. 2.391/2025-P (TC 024.760/2024-2)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Notas metodológicas. (1) A Tabela A1 reúne seis registros de fontes públicas (quatro casos metroferroviários reais no Estado de São Paulo, um benchmark internacional e um caso de controle), com naturezas e bases de cálculo heterogêneas: a Linha 15-Prata é apresentada por um indicador de recorrência (dezesesseis termos aditivos — o 16º de +R\$ 18.138.603,56 —, total atualizado de R\$ 3.005.261.605,13, data-base 08/2010 — fonte primária: DOE-SP 18/12/2023, código 2023.12.18.4.1.873.37.42512); a Linha 2-Verde refere-se ao Lote 4 (contrato 4138221304 — dois termos aditivos consecutivos em fonte primária: 8º T.A. +R\$ 59.344.664,61, DOE-SP 25/10/2024, código 2024.10.25.4.1.873.37.677206; e 9º T.A. +R\$ 41.745.204,42, DOE-SP 21/05/2025, código 2025.05.20.4.1.901.427.1089251; data-base 01/07/2014; valor original do contrato R\$ 509.681.136,53, homologação/extrato na Imprensa Oficial de 27/09/2014 — acréscimo acumulado dos dois T.A.: (59.344.664,61 + 41.745.204,42) / 509.681.136,53 = 19,8%); a Linha 5-Lilás é o acréscimo acumulado dos lotes civis 02–08 (~23,3%; de R\$ 4,047 bi para R\$ 4,990 bi, base 2010; fiscalização do TCE-SP — despacho do Conselheiro relator Antonio Roque Citadini, DOE-SP, Caderno Legislativo, 24/06/2016); a Linha 6-Laranja é recomposição exógena: a ARTESP reconheceu o desequilíbrio em R\$ 3.692.726.066,99 (março/2025; R\$ 826.137.137,36 em VPL, outubro/2013) por risco geotecnológico — fonte primária: Deliberação ARTESP nº 1073, DOE-SP 22/12/2025, código 2025.12.19.1.1.35.17.1.203.1542555 — com materialização em T.A. pendente; o 4º T.A. ao Contrato 015/2013 (DOE-SP 02/01/2026, código 2025.12.30.1.3.33.17.197.1552264; autorizado pela Deliberação ARTESP nº 877/2025) incorporou os investimentos adicionais da Fase I e os sacolões (R\$ 512,3 milhões); o índice de Flyvbjerg (2014) é média de uma carteira internacional; e o caso de supervisão é variação acumulada que excedeu o teto legal (3º T.A. ao Contrato nº 75/2017-CPL/AL, obras do Canal do Sertão Alagoano — Acórdão TCU 2.391/2025-Plenário). (2) Por essa heterogeneidade, NÃO se computa média agregada entre as linhas, sob pena de indicador sem significado. (3) Fórmulas: percentual de acréscimo = (valor do aditivo / valor de referência) × 100; média aritmética = (soma dos valores) / n; mediana = valor central da série ordenada. (4) Indicador de recorrência: a própria contagem de termos aditivos por contrato (p. ex., dezesseis na Linha 15-Prata) é evidência da repetição de alterações que a rastreabilidade na origem busca reduzir. (5) Limitação: trata-se de painel compilado de fontes públicas, não de amostra probabilística; um teste estatístico robusto exigiria a série contratual completa junto ao TCE-SP e aos portais de transparência, recomendada como pesquisa futura. Registre-se que o portal de dados abertos do Metrô-SP estrutura a informação em um conjunto de dados por contrato, formato não adequado à extração automatizada de pares valor-original/valor-aditivo em escala — razão adicional para a triangulação com estatísticas acadêmicas agregadas. (6) Linha 17-Ouro (família obra;

contrato 1001451703): valor original R\$ 595.939.008,10 (DOE-SP 14/09/2023, código 2023.09.14.4.1.873.37.293992); 1º T.A. sem alteração de valor (apenas prazo); 2º T.A. +R\$ 46.435.723,89; 3º T.A. +R\$ 29.707.423,67; 4º T.A. -R\$ 2.056.658,66; valor final R\$ 670.025.497,00 — acréscimo acumulado de 12,4% sobre o valor original, em fonte primária (Termos de Aditamento 02–04 ao Contrato 1001451703, publicados no Portal de Transparência do Metrô, Processo 10014517: 2º T.A. de 28/02/2025, 3º T.A. de 15/09/2025 e 4º T.A. de 10/04/2026). (7) Reconciliação de contagens: na Tabela A1, N refere-se a registros/casos (seis); na Tabela A2, N=8 conta os aditivos de obra com acréscimo de valor individualizado no painel — L17-Ouro 2º T.A. (R\$ 46,4 mi) e 3º T.A. (R\$ 29,7 mi); L2-Verde Lote 4, 8º (R\$ 59,3 mi) e 9º T.A. (R\$ 41,7 mi); L2-Verde Lote 3, 8º (R\$ 62,8 mi; DOE-SP 23/09/2025, código 2025.09.22.4.1.901.427.1355172) e 9º T.A. (R\$ 16,1 mi; DOE-SP 03/02/2026, código 2026.02.02.4.1.901.427.1606640); L2-Verde Lote 5, 7º T.A. (R\$ 25,1 mi; DOE-SP 09/01/2026, código 2026.01.08.4.1.901.427.1562205); e L15-Prata, 16º T.A. (R\$ 18,1 mi) —, excluídas a supressão do 4º T.A. da L17-Ouro (-R\$ 2,1 mi) e as alterações sem valor publicado em extrato; média aritmética R\$ 37,4 mi; mediana R\$ 35,7 mi. Unidades distintas das da Tabela A1 e não somáveis.

Camada estatística agregada (robustez). Para além dos casos pontuais, dois estudos quantitativos revisados por pares sustentam a magnitude do fenômeno em obras públicas brasileiras: (a) Alvarenga et al. (2021) — amostra de abrangência nacional — acréscimo médio de custo de 14,86%, mediana de 13,87%, com variação regional de 10,91% (Sul) a 17,15% (Centro-Oeste); e (b) Santos, Starling e Andery (2015) — 151 obras públicas de edificações em Belo Horizonte (2009-2014) — 96% com aditivo de prazo e 72% com aditivo de custo. Esses parâmetros, somados ao sobrecurso médio de 44,7% em ferrovias na carteira internacional de Flyvbjerg (2014), oferecem referência estatística externa contra a qual os casos metroferroviários aqui compilados podem ser lidos.

Classificação causal (Figura 3). As causas de aditivos são organizadas qualitativamente em duas colunas — mitigáveis pela rastreabilidade 5D (omissão de escopo; subdimensionamento de quantitativos; duplicidade/erro de extração; desconexão modelo↔planilha) e não mitigáveis/exógenas (reequilíbrio econômico-financeiro; alteração de escopo por política pública; fato superveniente; variação de insumos). Critério: mitigável quando a causa decorre de fragilidade quantitativa da fase preparatória, passível de auditoria por rastreabilidade modelo→quantitativo→composição→memória. Opta-se, por rigor, por não atribuir percentuais de participação, dada a ausência de amostra probabilística consolidada na literatura nacional.

Tabela A2 – Aditivos por família (espelha a Figura 4): obra (% acumulado sobre o original, fonte primária) e concessão (R\$ milhões).

Família	Caso / instrumento	Valor ou variação	Tipo / motivação
A — OBRA	L17-Ouro (até 4º T.A.)	+12,4% acum.	quantitativo (escopo)
A — OBRA	L2-Verde Lote 4 (8º+9º T.A.)	+19,8% acum.	quantitativo
A — OBRA	L5-Lilás (lotes 02-08)	+23,3% acum.	quantitativo (agregado)
A — OBRA	L15-Prata (16º T.A.)	+R\$ 18,1 mi	quantitativo
A — OBRA	Magnitude por aditivo (N=8)	média R\$ 37,4 mi (mediana 35,7)	—
B1 — reequilíbrio	L4-Amarela (TAM-08, COVID)	R\$ 39,2 mi (VPL 2005)	exógeno (pandemia)
B1 — reequilíbrio	L5/17 (TAM-02, COVID)	R\$ 102,8 mi (VPL 2017)	exógeno (pandemia)
B1 — reequilíbrio	L6-Laranja (recomposição)	R\$ 3.692,7 mi	exógeno (risco geotecnológico)
B2 — investimento	Estudos-teto: L4 TA-09 / L5-17 TAM-03	R\$ 35 mi (teto)	preparatório (ressarcimento)
B2 — investimento	L6-Laranja (estudos Fase III)	R\$ 250 mi (teto)	preparatório
B2 — investimento	L6-Laranja (Fase I)	R\$ 512,3 mi	investimento adicional
B2 — investimento	L4-Amarela (TA-11, sinalização)	R\$ 675,4 mi	investimento adicional
B2 — investimento	L8/9 (ETCS Nível 2)	R\$ 1.000 mi	investimento adicional
B2 — investimento	L4-Amarela (TA-10, extensão)	R\$ 4.040 mi	expansão + prorrogação

Fonte: Elaboração pelos autores a partir do painel de fontes primárias (ids 1–28).

ANEXO II — MINUTA DA CLÁUSULA EDITALÍCIA

CLÁUSULA — DA RASTREABILIDADE ENTRE MODELO BIM E ORÇAMENTO DE REFERÊNCIA (VINCULAÇÃO 5D).

Para os fins desta cláusula, os requisitos a seguir constituem os requisitos de troca de informação (EIR) da contratação, no nível de necessidade de informação nela definido, geridos em Ambiente Comum de Dados (CDE), nos termos da ABNT NBR ISO 19650.

1. A aprovação da planilha orçamentária de referência fica condicionada à indicação de rastreabilidade completa e auditável entre: (i) os elementos modelados; (ii) os quantitativos extraídos; (iii) as composições de custo; e (iv) a memória de cálculo.
2. O modelo deverá ser entregue em formato aberto IFC (ISO 16739-1), permitindo leitura e verificação independentes de software proprietário.
3. Cada item da planilha deverá vincular-se, de forma explícita e auditável, ao(s) elemento(s) modelado(s) que o originam, com regra de extração de quantitativo documentada e reproduzível.
4. As composições de custo observarão a ordem de precedência do art. 23, § 2º, da Lei nº 14.133/2021 (SINAPI/SICRO), com justificativa técnica para itens fora dessas bases.
5. A memória de cálculo será apresentada com fórmulas analisáveis pela contratante, vedada a apresentação de quantitativos sem rastro até o objeto modelado.
6. É vedada a exigência de software específico. Admite-se qualquer solução capaz de exportar IFC e expor as regras de extração, em observância ao art. 2º, inciso X, do Decreto nº 11.888/2024.
7. A planilha que não permitir à contratante reconstituir os quantitativos a partir do modelo IFC e das regras informadas será motivadamente não aprovada, observados o protocolo de aceite e os parâmetros de tolerância por item e de materialidade fixados no instrumento convocatório, vedada a postergação da verificação para a fase de execução.

ANEXO III — QUADRO DE CORRESPONDÊNCIA NORMATIVA

Quadro A1 – Correspondência entre dispositivos normativos e exigências da cláusula

Dispositivo / norma	Exigência da cláusula que fundamenta
Lei 14.133/2021, art. 19, § 3º	Adoção preferencial do BIM (“adote ou justifique”) → legitima a exigência de vinculação.
Lei 14.133/2021, art. 6º, XXV	Orçamento fundamentado em quantitativos propriamente avaliados → rastreabilidade modelo→quantitativo.
Lei 14.133/2021, art. 23, § 2º	Precedência SINAPI/SICRO → item 4 da minuta (composições de custo).
Lei 14.133/2021, art. 125	Limite de 25% (50% p/ acréscimos em reforma); vedação de compensação por jurisprudência (Ac. 749/2010-P) → prevenção de aditivos na origem.
Decreto 10.306/2020, art. 4º (2ª fase, 2024)	BIM aplicado à orçamentação e planejamento → vinculação 5D exigível.
Decreto 11.888/2024, art. 2º, X	Interoperabilidade aberta → neutralidade de marca e exigência de IFC (item 6).
ABNT NBR ISO 19650-1/-2	Requisitos de troca de informação (EIR) e critérios de aceitação fixados no convite à licitação (itens 5.2.1 e 3.1.1.1 da Parte 2) + nível de necessidade de informação, geridos no CDE; aceitação com rejeição motivada e ressubmissão (itens 5.7.2 e 5.7.4) → cláusula como requisito de informação contratualizado e auditável.
TCU, Súmula nº 261 e Acórdão 291/2016-Plenário	Vedação de aditivo para corrigir projeto deficiente → auditoria na fase preparatória.

. Fonte: Elaborado pelos autores.

ANEXO IV — TRANSCRIÇÃO LITERAL DO ITEM 4.4.3.15 DO TERMO DE

REFERÊNCIA

Fonte: Companhia do Metropolitano de São Paulo. Termo de Referência do Projeto Básico da Linha 20-Rosa, Anexo VIII — documentos RT-20.00.00.00/1A9-001 Rev. A (Lote 1) e RT-20.00.00.00/1A9-002 Rev. 0 (Lote 2), emissão 12/12/2023. O teor do item é idêntico nos dois lotes.

4.4.3.15 Extração de quantitativos e análise de custos

“Aquisição e disponibilização no período de vigência do contrato de 5 licenças de software BIM (Qlvisus ou similar) para análise de quantitativo e análise de custos prévios para colaborar nas definições e escolhas do projeto. Este software deve ter acesso à base de composições nacionais e customizadas (podendo inserir novas bases), deve atuar utilizando a base de dados IFC, com leitura direta dos arquivos com este schema, e permitir cálculos, composições e insumos. A CONTRATADA deverá apresentar a extração dos documentos de quantitativo por meio desta ferramenta, permitindo analisar as fórmulas utilizadas.”

Nota: o item subsequente (4.4.3.16 — Verificação de qualidade automatizada) determina o uso do “Solibri Office”, com ruleset mínimo de 20 verificações. Ambos os itens evidenciam o núcleo funcional desejável (IFC, bases customizáveis, fórmulas auditáveis), porém com referências de marca — ponto que a cláusula do Anexo II converte em exigência puramente funcional e neutra, sem juízo sobre a adequação técnica das ferramentas citadas.

ANEXO V — PROTOCOLO DE ACEITE E FISCALIZAÇÃO DA RASTREABILIDADE

BIM-ORÇAMENTO

Este protocolo operacionaliza, de forma objetiva e auditável, a verificação da cláusula do Anexo II na aprovação da planilha orçamentária de referência do Projeto Básico, assegurando rastreabilidade sem subjetividade e com devido processo.

1. Entregáveis exigidos da contratada. (a) modelo federado em formato aberto IFC (ISO 16739-1), com versão e Model View Definition declaradas; (b) relatório de extração de quantitativos (QTO) com a regra/critério de medição por item; (c) composições de custo referenciadas a SINAPI/SICRO, com justificativa para itens fora das bases; (d) memória de cálculo com fórmulas analisáveis; (e) matriz de rastreabilidade vinculando item da planilha → identificador do elemento no modelo (IFC) → quantitativo → composição → memória.

2. Procedimento de verificação pela contratante. A obrigação de rastreabilidade é integral (item 1 da cláusula); a verificação, por viabilidade, adota amostragem. Etapa 1 — conformidade documental (presença e integridade dos itens a–e; abertura e validação do IFC contra o schema e a MVD declarados, em visualizador independente). Etapa 2 — amostragem dirigida pela Curva ABC (itens que concentram cerca de 80% do valor), acrescida de amostra aleatória de dimensão fixada no edital, com leitura por ferramenta independente da do projetista. Etapa 3 — reconstituição: para cada item amostrado, reproduzir o quantitativo a partir do modelo aberto e da regra informada, comparando-o ao valor da planilha. Etapa 4 — verificação do vínculo do item à composição (SINAPI/SICRO) e das justificativas. Etapa 5 — parecer item a item (conforme / divergente / não rastreável).

3. Critérios objetivos de aceitação. Aprovada: itens da amostra rastreáveis e dentro da tolerância de divergência por item (parâmetro X, p. ex. 2 a 5%, fixado no edital). Aprovada com saneamento: divergências pontuais sanáveis em prazo definido. Não aprovada (motivada): itens não rastreáveis acima do limiar de materialidade (parâmetro Y, p. ex. mais de 5% do valor de referência em itens não reconstituíveis).

4. Devido processo (contra a paralisação). A não aprovação é sempre motivada, indicando os itens reprovados e a regra violada; assegura-se prazo de saneamento (p. ex. 10 dias úteis) e contraditório; a reanálise restringe-se aos itens saneados; todo o trâmite é registrado no CDE, garantindo auditabilidade. O rito reproduz o fluxo de aceitação da ABNT NBR ISO 19650-2 — revisão contra os requisitos de troca de informação (EIR) e seus critérios de aceitação, com rejeição motivada, instrução de correção e ressubmissão (itens 5.7.2 e 5.7.4).

5. Dosagem por porte e maturidade. Faixa A (grande porte): exigência plena na aprovação do Projeto Básico. Faixa B (médio porte): plena, com período de transição e assistência técnica. Faixa C (menor porte ou mercado menos maduro): gradual — matriz limitada aos itens de maior peso (Curva ABC) e prova de conceito em marco intermediário, com ampliação progressiva. Faixas e parâmetros X e Y são calibrados pelo órgão, preservando ampla competição e economicidade.

6. Competência da fiscalização. Recomenda-se capacitação mínima da equipe (leitura de IFC e auditoria de QTO) ou apoio de verificador independente, com uso do CDE como repositório auditável.