



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ
CAMPUS POETA TORQUATO NETO
CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MOACIR LIMA PINTO

IMPACTOS DAS FALHAS DE PROJETO NA EXECUÇÃO DO REBAIXAMENTO DA
AV. JOÃO XXIII EM TERESINA-PI: UM ESTUDO DE CASO

TERESINA-PI

2025

MOACIR LIMA PINTO

**IMPACTOS DAS FALHAS DE PROJETO NA EXECUÇÃO DO REBAIXAMENTO DA
AV. JOÃO XXIII EM TERESINA-PI: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso, TCC, submetido à Graduação de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Piauí como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Artemaria Coelho de Andrade.

TERESINA-PI

2025

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José e Maria, meu alicerce e minha maior inspiração.

Às minhas irmãs Josimare, Josilma, Jozilda, Marli, Roseli e Maricilde, por sempre acreditarem em mim e apoiarem cada passo da minha caminhada.

Aos meus sobrinhos, fonte ingênua de motivação.

Ao meu amor, por estar ao meu lado com paciência, incentivo e carinho em todos os momentos dessa jornada.

Aos meus professores, pelo conhecimento compartilhado e pela dedicação.

RESUMO

A pesquisa analisou os impactos das falhas de projeto na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII, em Teresina-PI, uma das principais intervenções viárias da capital piauiense e parte do Contorno Rodoviário da cidade. A pesquisa parte do reconhecimento de que deficiências na concepção e compatibilização de projetos de engenharia são causas recorrentes de atrasos, sobrecustos e perda de eficiência em obras públicas. O objetivo geral foi avaliar os impactos técnicos, financeiros e de prazo decorrentes das falhas de elaboração e compatibilização de projetos. Especificamente, buscou-se identificar inconsistências, analisar aditivos contratuais e prorrogações de cronograma, confrontando os resultados com normas técnicas e literatura especializada. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, com abordagem qualitativa e quantitativa, baseada na análise documental de relatórios técnicos, projetos executivos, aditivos contratuais e da Revisão de Projeto em Fase de Obras (RPFO). Foram identificadas falhas geotécnicas, estruturais e de drenagem, como inadequação do método de escavação, inconsistência nas vigas de contraventamento, incompatibilidade do sistema de drenagem e ausência de revestimento das estacas. Essas deficiências resultaram em aumento aproximado de 9,9% no custo da obra e prorrogação de 180 dias no prazo de execução. Constatou-se que as falhas de projeto foram determinantes para os impactos observados, confirmando a importância da compatibilização interdisciplinar, da revisão executiva oportuna e do uso de tecnologias para prevenir falhas e aumentar a eficiência de obras públicas.

Palavras-chave: Falhas de projeto; Obras públicas; Mobilidade urbana; Engenharia Civil.

ABSTRACT

The study analyzed the impacts of design flaws in the execution of the lowering of João XXIII Avenue in Teresina, Piauí, one of the main road interventions in the capital of Piauí and part of the city's ring road. The research is based on the recognition that deficiencies in the design and compatibility of engineering projects are recurring causes of delays, cost overruns, and loss of efficiency in public works. The overall objective was to assess the technical, financial, and time impacts resulting from design and compatibility flaws. Specifically, it sought to identify inconsistencies, analyze contract amendments and schedule extensions, comparing the results with technical standards and specialized literature. The research is characterized as a case study, with a qualitative and quantitative approach, based on the documentary analysis of technical reports, executive projects, contract amendments, and the Project Review during the Construction Phase (RPFO). Geotechnical, structural, and drainage failures were identified, such as inadequate excavation methods, inconsistencies in bracing beams, incompatibility of the drainage system, and lack of pile coating. These deficiencies resulted in an approximate 9.9% increase in the cost of the project and a 180-day extension of the execution deadline. It was found that design flaws were decisive for the impacts observed, confirming the importance of interdisciplinary compatibility, timely executive review, and the use of technologies to prevent failures and increase the efficiency of public works.

Keywords: Design flaws; Public works; Urban mobility; Civil engineering.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais normas e diretrizes aplicáveis à obra de rebaixamento da Av. João XXIII.	24
Quadro 2 - Síntese das principais falhas de projeto identificadas.	33
Quadro 3 - Outras inconsistências e ajustes de projeto identificados na RPFO (2024).	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais problemas urbanos.	15
Figura 2 - Composição da matriz do transporte de carga no Brasil em 2024.	15
Figura 3 - Distribuição da frota de veículos de Teresina (dez/2022).	17
Figura 4 - Distribuição dos causadores dos aditivos	23
Figura 5 - Localização da área da trincheira da Av. João XXIII antes da execução da obra.	30
Figura 6 - Vista aérea da trincheira da Av. João XXIII depois da execução da obra.	31
Figura 7 - Planta simplificada do trecho da trincheira e alças viárias.	31
Figura 8 - Seção tipo projeto executivo original.	32
Figura 9 - Localização dos furos - Sondagem de projeto da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.	34
Figura 10 - Perfil individual de sondagem – Sondagem de projeto.	34
Figura 11 - Perfil individual de sondagem mista de verificação.	35
Figura 12 - Perfil Geológico - sondagem mista de verificação da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.	35
Figura 13 - Seção Transversal – Viga de contraventamento da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.	36
Figura 14 - Viga de contraventamento - Armação e escoramento.	37
Figura 15 - Projeto de Drenagem – Deságue das águas pluviais da Trincheira no Lote 01.	38
Figura 16 - Soluções para deságue de águas pluviais da trincheira na interseção da BR-343/PI com a Avenida João XXIII.	39
Figura 17 - Escavação de material de 3ª categoria no trecho central da trincheira.	40
Figura 18 - Condição inicial da cortina de estacas escavadas sem revestimento e aplicação do concreto projetado para proteção superficial.	41
Figura 19 - Comparativo por atividade entre o cronograma previsto e o real executado.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores do ranking da classificação ABC de prazo.	26
Tabela 2 - Fatores do ranking da classificação ABC de custo.	26
Tabela 3 - Comparativo dos valores contratuais originais e revisados.....	43
Tabela 4 - Comparativo dos valores contratuais originais e revisados.....	44
Tabela 5 - Principais serviços com acréscimo financeiro nos serviços de Drenagem e Obras de Arte Especiais.....	46
Tabela 6 - Comparativo de produtividade atividades.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Contextualização	14
1.2. Problema de pesquisa	17
1.3. Hipótese	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo geral	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Justificativa	19
1.6. Tipo e abordagem da pesquisa	19
1.7. Estrutura do trabalho	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. Obras de infraestrutura urbana e mobilidade em áreas metropolitanas	21
2.2. Aditivos contratuais em obras públicas	22
2.3. Normas aplicáveis	24
2.4. Consequências técnicas e financeiras das falhas de projeto	25
3. METODOLOGIA DO TRABALHO	27
3.1. Delimitação do objeto de estudo	27
3.2. Procedimentos de coleta de dados	28
3.3. Procedimentos de análise	28
3.4. Limitações metodológicas	29
4. ESTUDO DE CASO: REBAIXAMENTO DA AV. JOÃO XXIII	29
4.1. Caracterização da obra	29
4.2. Contexto das falhas identificadas	32
4.2.1. Presença de rocha e inadequação do método de escavação	33
4.2.2. Inconsistência estrutural nas vigas de contraventamento	36
4.2.3. Problemas no sistema de drenagem	38
4.2.4. Escavação de material de 3ª categoria com uso de explosivos	39
4.2.5. Ausência de previsão de revestimento das estacas	40
4.2.6. Outras falhas de menor impacto	41
4.3. Impactos observados	42
4.3.1. Impactos financeiros	42
4.3.2. Impactos no cronograma	46
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO	49
5.1. Interpretação dos resultados financeiros	49

5.2.	Análise dos impactos no cronograma	50
5.3.	Aspectos técnicos e construtivos	51
5.4.	Discussão à luz da literatura e normas técnicas	51
5.5.	Síntese interpretativa e lições aprendidas.....	52
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

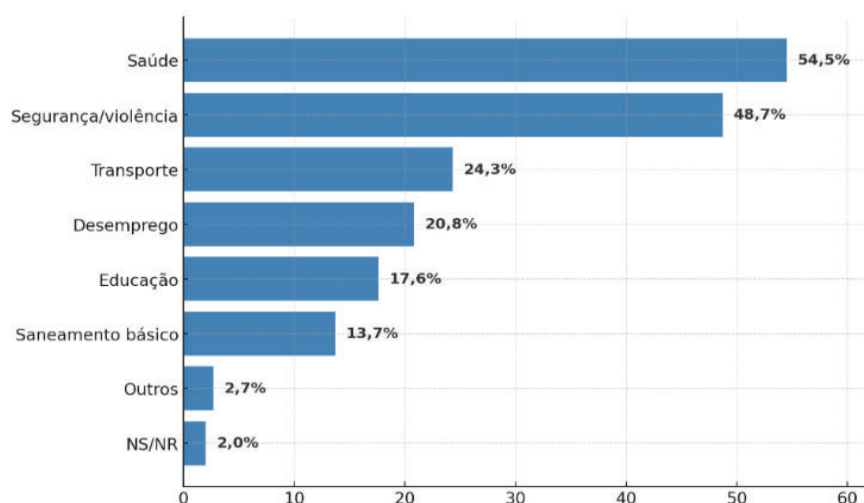
1.1. Contextualização

A urbanização contemporânea apresenta desafios cada vez mais complexos para o planejamento e a gestão das cidades, especialmente em países em desenvolvimento. Conforme a Nova Agenda Urbana da Organização das Nações Unidas (ONU, 2016), a urbanização bem-planejada pode tornar-se uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento sustentável, salientando a conexão entre boa urbanização, criação de empregos, oportunidades de subsistência e a melhoria da qualidade de vida, que devem ser incluídas em todas as políticas e estratégias de renovação urbana. Essa diretriz internacional reforça a importância do planejamento urbano integrado, no qual a infraestrutura, o transporte e os serviços públicos desempenham papel essencial na promoção da equidade e da sustentabilidade.

No contexto brasileiro, as desigualdades socioespaciais e a carência de investimentos adequados em infraestrutura urbana intensificam os desafios da mobilidade e da qualidade de vida nas cidades. Como ressalta Tavares (2024), a infraestrutura interfere diretamente na qualidade de vida dos seus usuários e induz as transformações no seu entorno. Sua ausência acarreta problemas de saúde, dificulta a oportunidade de emprego, provoca desconforto e prejudica o bem-estar social. Essa análise evidencia a importância das obras de infraestrutura como elementos estruturantes do espaço urbano e motores do desenvolvimento socioeconômico.

Nessa mesma direção, uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2024) indica que, entre os principais problemas urbanos identificados pela população brasileira, o transporte ocupa a terceira posição, conforme ilustrado no gráfico da Figura 1. Esse dado reforça a relevância das intervenções voltadas à melhoria da mobilidade urbana e justifica a necessidade de obras estruturais — como viadutos, corredores de transporte e trincheiras — capazes de garantir maior fluidez, segurança e eficiência no deslocamento cotidiano das cidades. Além da redução de tempos de viagem, tais intervenções contribuem para diminuir acidentes, racionalizar o uso do espaço viário e integrar diferentes modos de transporte. No contexto de cidades médias, como Teresina, investimentos desse tipo assumem papel estratégico, pois muitas vezes a malha viária já se encontra saturada e com poucas alternativas de rota. Assim, projetos de requalificação de eixos estruturais deixam de ser apenas obras pontuais e passam a compor uma política mais ampla de mobilidade urbana, voltada à melhoria das condições de deslocamento da população e ao uso mais eficiente da infraestrutura existente.

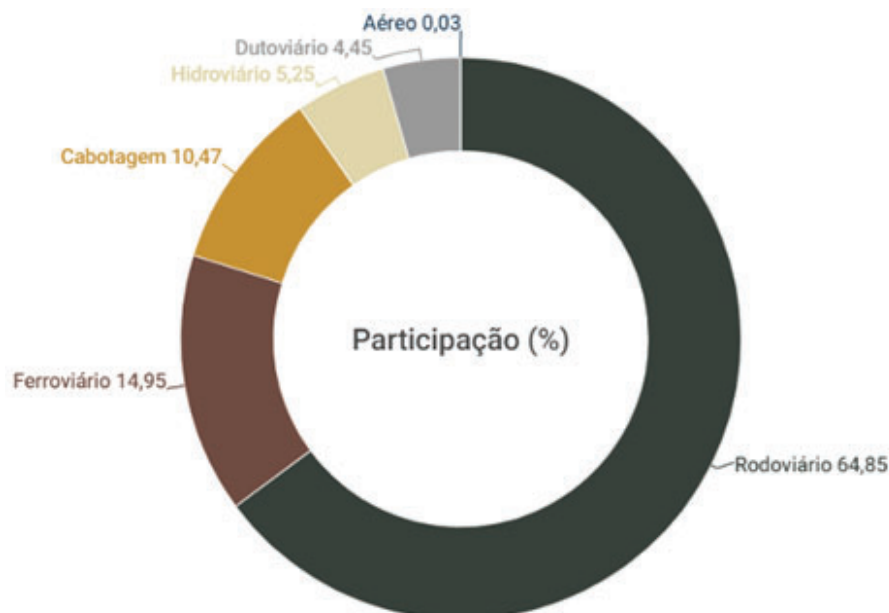
Figura 1 - Principais problemas urbanos.



Fonte: CNT (2024)

No Brasil, a realidade do transporte urbano tem sido marcada por congestionamentos frequentes, deficiências no transporte coletivo, acidentes de trânsito e elevada dependência do modal rodoviário. Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2024), quase 65% da matriz de transporte brasileira ainda é baseada no modal rodoviário, o que sobrecarrega as vias urbanas e metropolitanas.

Figura 2 - Composição da matriz do transporte de carga no Brasil em 2024.



Fonte: CNT (2024)

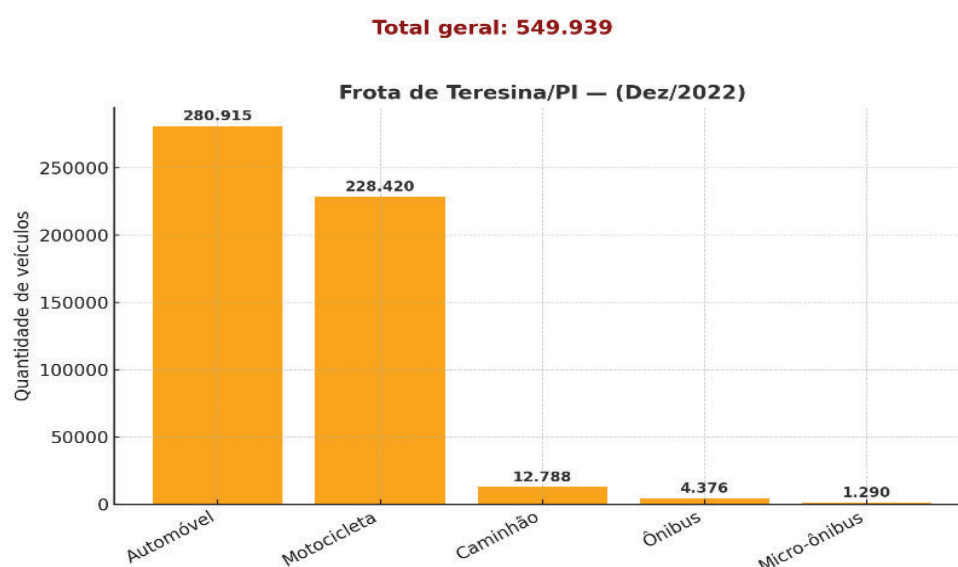
Segundo o *TomTom Traffic Index* (2023), o Brasil possui cinco cidades entre as cinquenta mais congestionadas do mundo, com destaque para o Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Fortaleza e São Paulo. Em média, motoristas chegam a perder até 165 horas por ano no trânsito, o que impacta diretamente a produtividade e a qualidade de vida urbana. Esse cenário evidencia a necessidade de intervenções de infraestrutura urbana que promovam maior eficiência na circulação, reduzam os tempos de viagem e elevem a segurança viária.

Segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2018), a melhoria da infraestrutura e da gestão da mobilidade urbana é fundamental para assegurar deslocamentos mais rápidos e seguros, contribuindo para a qualidade de vida da população. De forma semelhante, a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023) ressalta que o investimento em obras viárias bem planejadas é essencial para reduzir congestionamentos, diminuir custos logísticos e prevenir acidentes.

Na cidade de Teresina-PI, esses problemas tornam-se evidentes em corredores viários de grande importância, como a Avenida João XXIII, que integra a zona Leste da cidade ao centro urbano e também estabelece conexão direta com a BR-343, uma das principais rodovias federais da região. Essa avenida, devido à sua inserção no sistema viário, concentra grande volume de tráfego, sendo utilizada tanto por veículos de passeio quanto por transporte coletivo e transporte de carga que atravessam a cidade. Além disso, o corredor abriga diversos acessos a estabelecimentos comerciais, instituições de ensino e equipamentos de serviços, o que intensifica as manobras de entrada e saída e aumenta os pontos potenciais de conflito ao longo do trecho. Estudos realizados pela Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (STRANS, 2022) apontaram que o fluxo médio diário da Avenida João XXIII ultrapassa 30 mil veículos/dia, considerando o tráfego local e oriundo da BR-343. Esse volume elevado, somado ao crescimento da frota veicular de Teresina — que em 2022 atingiu cerca de 550 mil veículos registrados (SENATRAN, 2022) — contribuiu para a saturação da via, com reflexos diretos em congestionamentos, aumento do tempo de deslocamento e riscos de acidentes. Em horários de pico, a formação de filas prolongadas compromete não apenas a fluidez do corredor, mas também o desempenho das vias coletoras e locais conectadas a ele, repercutindo na mobilidade de bairros inteiros. Nesse contexto, intervenções estruturais no eixo da Avenida João XXIII passaram a ser vistas pelo poder público como medida necessária para reorganizar os fluxos, reduzir pontos de conflito e elevar o nível de serviço do sistema viário.

A Figura 3, nesse sentido, apresenta a distribuição da frota de veículos do município em dezembro de 2022, evidenciando a predominância de automóveis e motocicletas.

Figura 3 - Distribuição da frota de veículos de Teresina (dez/2022).



Fonte: SENATRAN, 2022; elaboração própria

Diante desse quadro, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) planejou e contratou a obra de rebaixamento da Avenida João XXIII, uma trincheira urbana com cerca de 420 metros de extensão, concebida para permitir a segregação dos fluxos de tráfego e melhorar a fluidez viária, integrando o sistema do Contorno Rodoviário de Teresina.

O empreendimento, classificado como obra de arte especial, tem como objetivo separar o tráfego de passagem do tráfego urbano local, garantindo maior segurança e conforto aos usuários. Inserido em uma área densamente ocupada, cercada por edificações, redes de infraestrutura e intensa circulação de veículos e pedestres, o projeto demandou soluções executivas específicas e adaptações ao longo da execução.

Nesse contexto, o rebaixamento da Avenida João XXIII representa uma intervenção estratégica para a melhoria da mobilidade e a integração do sistema de tráfego metropolitano de Teresina. No entanto, apesar de sua relevância para o ordenamento viário da capital, a obra foi marcada por desafios técnicos e gerenciais decorrentes de falhas de concepção e de compatibilização de projeto, que repercutiram no custo, no prazo e na execução. Essa situação configura um exemplo concreto dos impactos que a ausência de integração entre as disciplinas de engenharia pode causar em obras públicas de grande porte, fundamentando a escolha deste caso como objeto de estudo do presente trabalho.

1.2. Problema de pesquisa

Apesar de sua importância para a mobilidade urbana de Teresina, a execução da trincheira da Avenida João XXIII foi marcada por dificuldades técnicas decorrentes de falhas de concepção

e de compatibilização do projeto executivo. Durante a execução, verificou-se que diversas soluções projetadas não correspondiam às condições geotécnicas e construtivas reais, o que exigiu revisões, aditivos e readequações sucessivas para adaptar o planejamento às condições de campo. Essas inadequações não só afetaram o desempenho produtivo, mas também ampliaram o prazo contratual e aumentaram os custos previstos para a obra.

Entre as incompatibilidades mais significativas destacam-se a substituição do método de fundação originalmente previsto, a revisão das vigas de contraventamento, a readequação do sistema de drenagem pluvial, a inclusão de concreto projetado para reforço das contenções e a impossibilidade de utilização de explosivos para o desmonte de material de 3ª categoria, sendo substituído por outro serviço correspondente. Esses fatores evidenciam deficiências de integração entre as disciplinas de projeto — geotécnica, estrutural e hidráulica — e demonstram como falhas de concepção podem repercutir diretamente no custo, no prazo e na execução de obras de infraestrutura urbana.

Essas ocorrências impactaram o contrato em diferentes dimensões: 1. Financeira, com acréscimos e aditivos contratuais; 2. De prazo, com prorrogação de 180 dias e 3. Técnica, exigindo soluções construtivas. Diante desse cenário, formula-se a seguinte questão de pesquisa: Quais foram os impactos das falhas de projeto na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII em Teresina-PI.

1.3. Hipótese

Considerando o problema de pesquisa levantado, esta pesquisa parte da hipótese de que as falhas de concepção e de compatibilização do projeto executivo foram os principais fatores responsáveis pelos impactos observados na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII. Embora as condições geotécnicas do terreno estivessem corretamente identificadas nas sondagens de projeto e de verificação, as soluções técnicas adotadas não consideraram de forma adequada essas informações, resultando em incompatibilidades entre o planejamento e a realidade do campo. Em especial, a escolha dos métodos executivos de escavação e de contenção mostrou-se pouco aderente às características do maciço escavado e às limitações de um canteiro inserido em área urbana consolidada.

Essas deficiências de projeto repercutiram em atrasos, sobrecustos e necessidade de revisões contratuais, demonstrando que a correta integração entre as disciplinas de engenharia, especialmente geotecnia, estruturas e drenagem, é determinante para o desempenho técnico e financeiro de obras de infraestrutura urbana. Ao mesmo tempo, o estudo evidencia que a etapa de projeto não deve ser tratada apenas como requisito formal para licitação, mas como fase estratégica

para redução de riscos, definição de métodos construtivos exequíveis e preservação do equilíbrio econômico-financeiro do contrato.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

Analisar os impactos das falhas na elaboração de projetos técnicos na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII, em Teresina-PI, identificando suas implicações técnicas, financeiras, de prazo.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Identificar as falhas de elaboração de projetos técnicos ocorridas na obra;
2. Avaliar os impactos financeiros decorrentes de aditivos contratuais e custos extras;
3. Analisar os impactos no cronograma, com destaque para prorrogações e atrasos;
4. Confrontar os resultados observados com normas técnicas (ABNT, DNIT, CONAMA) e literatura especializada;
5. Propor recomendações técnicas e gerenciais para prevenir impactos semelhantes em projetos futuros.

1.5. Justificativa

A presente pesquisa justifica-se por sua relevância acadêmica, técnica e social. Do ponto de vista acadêmico, o estudo contribui para o campo da engenharia civil ao analisar um caso real de falhas de concepção e compatibilização de projeto em uma obra urbana de grande porte. A investigação reforça a importância da integração entre as disciplinas de engenharia e do planejamento multidisciplinar na elaboração de projetos executivos.

Do ponto de vista técnico, o trabalho demonstra como decisões inadequadas na fase de concepção e detalhamento podem comprometer o desempenho, o custo, o prazo e a segurança da execução. As incompatibilidades identificadas em fundações, estruturas e drenagem evidenciam a necessidade de melhor coordenação e gestão de riscos entre as etapas de projeto e execução, conforme preconizam as normas da ABNT e os manuais do DNIT. Dessa forma, o estudo pretende identificar os impactos decorrentes das falhas de projeto e estimular a adoção de práticas mais integradas e seguras na elaboração e execução de obras públicas.

1.6. Tipo e abordagem da pesquisa

A metodologia de uma pesquisa corresponde ao conjunto de procedimentos, técnicas e métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos. Conforme Gil (2008), a clareza

metodológica garante validade científica, permitindo que os resultados sejam analisados de forma crítica e possam ser reproduzidos ou comparados por outros pesquisadores.

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, voltado para a análise detalhada de um fenômeno específico: os impactos das falhas de concepção e de compatibilização de projeto na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII, em Teresina-PI. Segundo Yin (2015), o estudo de caso é adequado quando se busca compreender em profundidade um evento contemporâneo inserido em um contexto real, em que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é adequado quando se busca compreender em profundidade um evento contemporâneo inserido em um contexto real, em que os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos.

Além de estudo de caso, a pesquisa é classificada como:

- a) Aplicada, por ter como finalidade gerar conhecimento voltado à solução de problemas práticos de engenharia civil, especialmente relacionados ao planejamento, à compatibilização de projetos e à gestão de obras públicas;
- b) Qualitativa e quantitativa, pois combina análise documental (qualitativa), a partir de projetos, relatórios técnicos, revisões e aditivos contratuais, com a quantificação dos impactos financeiros e de prazos (quantitativa);
- c) Descritiva e explicativa, uma vez que descreve as incompatibilidades observadas durante a execução e explica suas causas e consequências à luz das normas técnicas e da literatura especializada.

1.7. Estrutura do trabalho

O trabalho foi estruturado em seis capítulos onde o Capítulo 1 apresenta a introdução, contextualizando a problemática, estabelecendo a questão de pesquisa, a hipótese, os objetivos e a justificativa do estudo. O Capítulo 2, por sua vez, reúne o referencial teórico, abordando infraestrutura urbana, concepção e compatibilização de projetos, normas aplicáveis, impactos de falhas de projeto e estudos de casos semelhantes. No Capítulo 3, descreve-se a metodologia, incluindo o tipo e a abordagem da pesquisa, a delimitação do objeto, os procedimentos de coleta e análise dos dados e as limitações metodológicas.

Em sua continuidade, o Capítulo 4 expõe o estudo de caso da obra de rebaixamento da Avenida João XXIII, detalhando sua caracterização, as falhas de projeto identificadas e os impactos observados. No Capítulo 5, há a apresentação da análise e discussão, confrontando os resultados obtidos com normas técnicas e literatura especializada. Por fim, o Capítulo 6 traz as

considerações finais, com a síntese dos impactos, conclusões, recomendações e sugestões para pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Obras de infraestrutura urbana e mobilidade em áreas metropolitanas

As obras de infraestrutura urbana constituem elementos centrais para o desenvolvimento sustentável das cidades, pois condicionam o acesso adequado ao transporte, ao saneamento, ao abastecimento de água e à drenagem. Estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada indicam que a disponibilidade e a qualidade da infraestrutura social e urbana são fatores decisivos para o desenvolvimento econômico e social dos territórios e para a garantia de direitos básicos à população (IPEA, 2010). Nessa mesma direção, Werner e Brandão (2019) argumentam que as infraestruturas participam ativamente da produção social do espaço, mediando as relações entre Estado, atividades econômicas e sociedade e influenciando a forma como o território é organizado.

No campo da mobilidade urbana, autores como Vasconcellos (2014) destacam que a mobilidade está diretamente relacionada à organização do espaço urbano, aos deslocamentos cotidianos e à qualidade de vida da população, indo além da simples capacidade de se mover. A expansão viária, portanto, isoladamente, não resolve os problemas de congestionamento quando não há planejamento territorial e integração modal.

Nesse contexto, obras estruturais como viadutos, túneis e trincheiras urbanas assumem papel fundamental. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2020), as trincheiras são soluções indicadas para áreas de tráfego intenso e restrição espacial, pois permitem a separação física dos fluxos e reduzem conflitos de cruzamentos. Em regiões densamente urbanizadas, como o eixo da Avenida João XXIII, em Teresina-PI, tais intervenções são preferíveis a elevados, por gerarem menor impacto visual e melhor integração com o entorno.

Estudos nacionais recentes evidenciam que cidades de médio porte brasileiras têm reproduzido padrões de mobilidade típicos das grandes metrópoles, marcados pela crescente dependência do transporte individual motorizado e pela limitada capacidade de investimento em sistemas estruturados de transporte coletivo. Segundo o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana (SIMOB/ANTP, 2023), em municípios com população entre 100 mil e 500 mil habitantes, a oferta de infraestrutura voltada ao transporte público e aos modos ativos de deslocamento permanece aquém das diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), mesmo diante do aumento contínuo da frota veicular.

De acordo com a Pesquisa CNT de Mobilidade da População Urbana (2024), o uso do transporte coletivo nas cidades brasileiras caiu de 45,2% em 2017 para 30,9% em 2024, enquanto

o uso de automóveis particulares e motocicletas apresentou crescimento expressivo. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) também aponta essa tendência: o padrão de mobilidade nas cidades médias brasileiras vem se tornando cada vez mais dependente de veículos particulares, o que amplia a pressão sobre os corredores arteriais e os custos sociais da mobilidade urbana.

Complementarmente, Carvalho e Pereira (2023) destacam que a insuficiência de investimentos em transporte público coletivo e em infraestrutura de modos sustentáveis tem levado gestores municipais a adotar soluções pontuais de engenharia — como viadutos, túneis e trincheiras — para aliviar gargalos localizados. Esse comportamento reforça uma abordagem corretiva e não preventiva do planejamento urbano, reproduzindo o ciclo de dependência do automóvel e o agravamento da congestão em eixos estratégicos, como ocorre na Avenida João XXIII, em Teresina.

Além da melhoria no fluxo viário, as trincheiras contribuem para a segurança e para a redução de emissões veiculares, ao eliminar paradas semaforizadas e reduzir tempos de viagem. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2021), os congestionamentos em cidades médias podem representar até 2% do PIB local em perdas econômicas, considerando aumento do consumo de combustíveis, atrasos logísticos e desgaste veicular.

Em cidades médias como Teresina, o crescimento urbano concentrou atividades e deslocamentos na zona Leste, tornando a Avenida João XXIII um corredor essencial. A implantação da trincheira nesse eixo busca não apenas resolver um gargalo de tráfego, mas também reestruturar a hierarquia viária metropolitana, em conformidade com as diretrizes de mobilidade sustentável da Nova Agenda Urbana da ONU-Habitat (2016), que defende soluções integradas e inclusivas de transporte urbano.

2.2. Aditivos contratuais em obras públicas

Os termos aditivos constituem instrumentos formais por meio dos quais a Administração Pública e a contratada ajustam as condições originalmente pactuadas em contratos de obras e serviços de engenharia. Seu objetivo é adequar o contrato a situações supervenientes, sem necessidade de nova licitação, preservando o equilíbrio econômico-financeiro inicialmente estabelecido. A antiga Lei nº 8.666/1993, que por décadas disciplinou as licitações e contratos de obras públicas, estabelecia, em seu art. 65, as hipóteses e limites para alterações contratuais por meio de termos aditivos, disciplina atualmente substituída gradualmente pelo novo marco legal da Lei nº 14.133/2021, ainda que muitos contratos em execução tenham sido celebrados sob a égide da lei anterior (BRASIL, 1993; BRASIL, 2021).

No campo das obras de engenharia, destacam-se três tipos de aditivos mais recorrentes: de valor, de prazo e de reequilíbrio econômico-financeiro. Os aditivos de valor decorrem, em geral, de acréscimos ou supressões de quantitativos, modificações de projeto ou revisão de especificações, estando sujeitos a limites percentuais para evitar a descaracterização do objeto licitado (BRASIL, 1993). Os aditivos de prazo concentram-se na prorrogação do prazo de execução ou de vigência contratual, frequentemente associados a revisões de projeto, interferências não previstas, atrasos na liberação de frentes de serviço ou eventos externos à contratada (COLPO et al., 2018). Já os aditivos de reequilíbrio econômico-financeiro visam recompor a equação contratual diante de fatos supervenientes que alteram significativamente os custos da execução, como variações extraordinárias de insumos ou mudanças tributárias (BRASIL, 1993; BRASIL, 2021).

Estudos empíricos têm mostrado que esses aditivos nem sempre decorrem de eventos imprevisíveis, mas frequentemente de fragilidades de planejamento e de projeto. Soibelman e Medeiros (2000) apontam que parcela expressiva dos aditivos em obras públicas brasileiras está associada a falhas de projeto e incompatibilidades entre disciplinas. Em análise de contratos de obras em uma universidade federal, Colpo et al. (2018) identificaram elevada incidência de termos aditivos de prazo vinculados a projetos básicos incompletos e insuficiências na etapa de planejamento. De forma semelhante, Antero, Reis e Silva (2019) analisaram 16 termos aditivos em sete pequenas obras educacionais no Tocantins, identificando causas como falta de repasse financeiro, serviços não previstos na planilha orçamentária, erros de planejamento, alterações de projeto e imprevistos climáticos. Os resultados, sintetizados na Figura 4, indicam predominância da falta de repasse de recursos e de deficiências do projeto básico, seguidas por falhas de execução, reforçando a relação entre fragilidades de planejamento e a necessidade de ajustes contratuais em fase de obras (ANTERO; REIS; SILVA, 2019).

Figura 4 - Distribuição dos causadores dos aditivos



Fonte: ANTERO; REIS; SILVA (2019).

Os órgãos de controle externo reforçam essa interpretação. Relatórios do Tribunal de Contas da União indicam que projetos básicos deficientes, ausência de estudos preliminares adequados, sondagens insuficientes e incompatibilidades entre projetos geotécnicos, estruturais e de drenagem figuram entre as principais causas de sobrecustos, atrasos e elevado volume de aditivos em obras de infraestrutura (TCU, 2014; TCU, 2018). Nessa perspectiva, os aditivos em fase de obras deixam de ser vistos apenas como instrumentos neutros de gestão contratual e passam a funcionar como indicadores da qualidade do planejamento, da concepção e da compatibilização de projetos. Em empreendimentos urbanos complexos, como viadutos, túneis e trincheiras, a análise sistemática desses aditivos permite compreender como decisões tomadas nas fases de estudos preliminares, projeto básico e projeto executivo se materializam em custos adicionais, prorrogações de cronograma e soluções emergenciais em campo (SOIBELMAN; COLPO, 2018)

2.3. Normas aplicáveis

As normas técnicas constituem o alicerce para a segurança, a qualidade e a durabilidade das obras públicas. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e o DNIT definem parâmetros que orientam tanto o dimensionamento quanto a execução de estruturas, fundações e sistemas de drenagem.

O Quadro 1 apresenta um resumo das principais normas aplicáveis ao contexto do rebaixamento da Avenida João XXIII, destacando sua função e relevância prática no projeto.

Quadro 1 - Principais normas e diretrizes aplicáveis à obra de rebaixamento da Av. João XXIII.

Norma / Manual	Tema / Abrangência	Aplicação prática na obra
NBR 6122:2019	Projeto e execução de fundações	Definiu critérios de dimensionamento e escolha do método executivo (estaca escavada/raiz).
NBR 6118:2014	Projeto de estruturas de concreto	Baseou o dimensionamento das cortinas e vigas de contraventamento.
NBR 8681:2003	Ações e seguranças nas estruturas	Aplicação na combinação de esforços horizontais e verticais nas cortinas.
Manual de Obras de Arte Especiais – DNIT (2020)	Procedimentos executivos e critérios de desempenho estrutural	Referência para controle de qualidade e fiscalização das OAE.
Manual de Drenagem Urbana e Rodoviária – DNIT (2020)	Dimensionamento hidráulico e drenagem pluvial	Orientou o redesenho do sistema de escoamento.

Norma / Manual	Tema / Abrangência	Aplicação prática na obra
Resolução CONAMA 237/1997	Licenciamento ambiental	Requisitou avaliação dos impactos da obra e medidas mitigadoras.
IN SEGES nº 12/2022	Estudos Técnicos Preliminares (ETP)	Determinou diretrizes para planejamento técnico e econômico do contrato.

Fonte: Adaptado de ABNT, DNIT e SEGES (2020–2022)

Essas normas e manuais fornecem o suporte técnico para garantir a conformidade entre projeto e execução. No caso da obra analisada, verificou-se que diversas falhas decorrem do descumprimento parcial de requisitos das normas citadas e da falta de compatibilização conforme os manuais DNIT (2020), evidenciando a necessidade de controle mais rigoroso nas fases de revisão e aprovação de projeto.

2.4. Consequências técnicas e financeiras das falhas de projeto

As falhas de projeto constituem um dos fatores mais recorrentes de sobrecustos, prorrogações de prazo e conflitos contratuais em obras públicas. Lichtenstein (2011) destaca que a previsibilidade técnica do projeto é diretamente proporcional à sua segurança e ao desempenho econômico do empreendimento: quanto maior a incerteza técnica, maior o risco de desequilíbrio contratual e de perda de eficiência construtiva.

De acordo com o Tribunal de Contas da União (TCU, 2022), aproximadamente 70% das obras públicas fiscalizadas entre 2019 e 2022 apresentaram aditivos contratuais diretamente relacionados a deficiências de projeto. As causas mais frequentes envolvem incompatibilidades entre disciplinas, insuficiência de estudos geotécnicos, ausência de revisões executivas e falhas na estimativa de quantitativos — condições já apontadas em estudos clássicos sobre erros de concepção e compatibilização em obras públicas (SOIBELMAN; MEDEIROS, 2000; MELHADO, 1994).

Estudos realizados por Castro e Araújo (2019) em auditorias do TCU e relatórios da CGU reforçam que os aditivos contratuais por falhas de projeto estão entre as principais causas de aumento de custo e prazo. A tabela 1 evidencia que inclusões ou modificações de projeto, acréscimos de serviços e condições climáticas são os fatores que mais influenciam os atrasos de execução, representando juntos quase 60% dos casos analisados.

Tabela 1 - Fatores do ranking da classificação ABC de prazo.

Nº	Fatores de influência em aditivos de prazo	Obras	% Geral	% Acumulado	Faixa
1	Inclusões e/ou modificações de projetos	114	25,56%	25,56%	A
2	Acréscimos de serviços	102	22,87%	48,43%	
3	Condições climáticas	47	10,54%	58,97%	
4	Logística de materiais e equipamentos	27	6,05%	65,02%	
5	Condições do terreno	25	5,61%	70,63%	
6	Atraso na execução de serviços	22	4,93%	75,56%	
7	Escassez de mão de obra	19	4,26%	79,82%	
8	Adequações de acessibilidade	13	2,91%	82,74%	B
9	Serviços com mão de obra especializada	11	2,47%	85,20%	
10	Paralisação ou diminuição de ritmo por ordem da administração	8	1,79%	87,00%	
11	Atraso na aprovação/liberação de projetos	8	1,79%	88,79%	
12	Atraso na aprovação de aditivos	8	1,79%	90,58%	
13	Exigências de órgãos fiscalizadores (Ministério Público, Corpo de Bombeiros, etc.)	6	1,35%	91,93%	
14	Fatos imprevisíveis e estranhos à vontade das partes	6	1,35%	93,27%	
15	Insegurança	5	1,12%	94,39%	C
16	Embargos, acidentes, interdições, greves	5	1,12%	95,52%	
17	Demora na liberação da obra por parte da administração	4	0,90%	96,41%	
18	Alterações no cronograma	3	0,67%	97,09%	
19	Falta de infraestrutura para execução da obra (água, energia, etc.)	3	0,67%	97,76%	
20	Solicitações dos usuários (após licitação)	3	0,67%	98,43%	
21	Atraso para início da obra	3	0,67%	99,10%	
22	Cronograma inadequado	2	0,45%	99,55%	
23	Mão de obra ineficaz	1	0,22%	99,78%	
24	Atrasos nos repasses financeiros	1	0,22%	100,00%	

Fonte: Castro e Araújo (2019), adaptado de SciELO Brasil

A análise de custos segue tendência semelhante. A tabela 2 demonstra que acréscimos de serviços, modificações de projeto e serviços não previstos em planilha orçamentária concentram mais de 70% das causas de aditivos financeiros, evidenciando a relevância do planejamento técnico detalhado antes do início das obras

Tabela 2 - Fatores do ranking da classificação ABC de custo.

Nº	Fatores de influência em aditivos de custo	Obras	% Geral	% Acumulado	Faixa
1	Acréscimos de serviços	113	31,04%	31,04%	A
2	Inclusões e/ou modificações de projetos	105	28,85%	59,89%	
3	Serviços não previstos em planilha orçamentária	48	13,19%	73,08%	
4	Condições do terreno	22	6,04%	79,12%	
5	Erros de quantitativos em planilha	20	5,49%	84,62%	B
6	Quantitativos sobrestimados	14	3,85%	88,46%	
7	Solicitações de adequações de acessibilidade	14	3,85%	92,31%	
8	Condições climáticas	8	2,20%	94,51%	
9	Exigências de órgãos fiscalizadores (Ministério Público, Bombeiros, etc.)	7	1,92%	96,43%	C
10	Falta de infraestrutura para execução da obra (água, energia, etc.)	5	1,37%	97,80%	
11	Solicitações dos usuários (após licitação)	4	1,10%	98,90%	
12	Insegurança	3	0,82%	99,73%	
13	Fluxo de caixa da contratada	1	0,27%	100,00%	

Fonte: Castro e Araújo (2019), adaptado de SciELO Brasil

Souza e Melhado (2015) reforçam que a ausência de integração entre disciplinas leva à improvisação em campo, ao consumo excessivo de materiais e ao surgimento de patologias estruturais, sobretudo em ambientes urbanos densos, onde as restrições de espaço e a presença de redes de infraestrutura dificultam a adoção de soluções corretivas.

O *Project Management Institute* (PMI, 2017) estima que cada unidade monetária investida em planejamento técnico pode reduzir de cinco a dez vezes os custos de retrabalho durante a execução. O DNIT (2020) corrobora essa estimativa, ao identificar as revisões de projeto em fase de obras como as principais fontes de acréscimos contratuais, gerando novas mobilizações, reorçamentos e atrasos.

Sob a ótica administrativa, Campos e Zanchet (2018) ressaltam que os aditivos e prorrogações sucessivas reduzem a capacidade de investimento público e comprometem a execução orçamentária, além de acarretar impactos sociais e ambientais — como aumento do ruído urbano, interferências no tráfego e desgaste da imagem institucional.

As normas NBR 15575:2013 e NBR 6118:2014 reforçam que a durabilidade é parte integrante do desempenho estrutural e deve ser considerada desde a concepção do projeto. A negligência nesse aspecto resulta em desgaste prematuro, custos de manutenção elevados e redução do desempenho global da estrutura.

Portanto, as falhas de projeto não devem ser compreendidas apenas como desvios técnicos, mas como manifestações de deficiências sistêmicas de gestão e governança contratual, que comprometem a eficiência, a sustentabilidade e a credibilidade das instituições responsáveis pela infraestrutura pública.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

Para que os objetivos da pesquisa fossem atingidos, a metodologia estruturou-se em quatro partes: I. delimitação do objeto de estudo, II. procedimentos de coleta de dados, III. procedimentos de análise e IV. limitações metodológicas.

3.1. Delimitação do objeto de estudo

O objeto de estudo trata-se obra de rebaixamento da Avenida João XXIII, localizada na Rodovia BR-343/PI, no trecho Luís Correia - Entroncamento BR-135(B)/324(B)/PI-47(B) (Bertolinia), subtrecho Acesso a Teresina (Fim da pista dupla - Entroncamento BR-226(B)/316(A) (Teresina/PI). Essa avenida integra o Contorno Rodoviário de Teresina, concebido para redistribuir fluxos de tráfego e reduzir congestionamentos no perímetro urbano.

O contrato analisado (nº 18/00131-2022) teve valor inicial de R\$ 38.016.122,48, sendo posteriormente acrescido para R\$ 41.788.682,42. O prazo de execução, originalmente fixado em

730 dias, foi prorrogado por mais 180 dias devido às dificuldades técnicas enfrentadas durante a obra. O escopo principal incluiu:

- a) Execução de trincheira com extensão aproximada de 420 metros;
- b) Implantação de drenagem pluvial interligada a um sistema existente;
- c) Construção de cortinas de estacas de contenção;
- d) Execução de vigas de contraventamento e elementos estruturais de contenção;
- e) Pavimentação em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente);
- f) Instalação de iluminação pública e urbanização paisagística;

A delimitação metodológica concentra-se no rebaixamento (trincheira) da Avenida João XXIII, considerado o elemento central da intervenção e onde se verificaram as principais falhas de projeto. Embora o empreendimento inclua também viadutos e alças viárias, essas estruturas não foram abordadas de forma detalhada, sendo apenas mencionadas quando necessário para contextualizar as interferências e os impactos gerais da obra.

3.2. Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de análise documental, que, Segundo Cellard (2008, p. 295), a análise documental é um método capaz de fornecer informações históricas, técnicas e institucionais a partir de registros oficiais. Foram analisados os seguintes documentos:

- a) Projeto básico (Volume 1 – Relatório e Volume 2 – Projeto de Execução);
- b) Anexos técnicos (Memória Justificativa, Estudos Geotécnicos, Memória de Cálculo e Notas de Serviço);
- c) Revisão de Projeto (RPFO, 2024), que identificou falhas e propôs alterações;
- d) Relatórios de execução (considerações da construtora, relatórios fotográficos e memoriais de acompanhamento);
- e) Aditivos contratuais que registraram prorrogação de prazo e acréscimos financeiros;
- f) Normas e manuais técnicos (ABNT, DNIT, CONAMA).

3.3. Procedimentos de análise

Os procedimentos de análise adotados neste estudo basearam-se na comparação entre os documentos de projeto e nas informações apresentadas na Revisão de Projeto em Fase de Obras (RPFO, 2024), com o objetivo de identificar ajustes técnicos, financeiros e de prazo decorrentes das readequações executivas. A primeira etapa consistiu na análise comparativa entre o projeto

básico e o revisado, voltada à identificação de divergências nos métodos de escavação adotado, tipos de fundações e soluções de drenagem.

Para dar seguimento, realizou-se a avaliação dos impactos financeiros e temporais, a partir das planilhas contratuais e dos aditivos. Na última etapa, as soluções adotadas foram verificadas à luz das normas técnicas aplicáveis (ABNT e DNIT) e confrontadas com a literatura especializada, assegurando a coerência das interpretações e a fundamentação técnica das análises apresentadas nos capítulos seguintes.

3.4. Limitações metodológicas

Para a realização desta pesquisa, duas limitações metodológicas centrais compareceram. Dentre elas, destacam-se a dependência de documentos oficiais, onde foi adotado a análise de relatórios e projetos fornecidos pelo DNIT e pela construtora, o que restringiu a avaliação de aspectos não documentados formalmente. em segundo, a delimitação temporal, tendo em vista que o estudo considera o período de execução compreendido entre 2022 e 2024, não abrangendo eventuais fases posteriores de operação e manutenção da infraestrutura. Apesar dessas limitações, a metodologia adotada mostrou-se adequada para o alcance dos objetivos propostos, permitindo identificar e analisar os impactos das readequações de projeto e das condições técnicas imprevistas na execução da trincheira da Avenida João XXIII.

4. ESTUDO DE CASO: REBAIXAMENTO DA AV. JOÃO XXIII

O estudo de caso tem como objeto a obra de rebaixamento da Avenida João XXIII, localizada em Teresina-PI, considerada uma das intervenções viárias mais relevantes da capital piauiense na última década. Esta obra integra o projeto do Contorno Rodoviário de Teresina-PI, concebido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para reorganizar fluxos urbanos e reduzir conflitos de tráfego em eixos saturados.

4.1. Caracterização da obra

A Avenida João XXIII, localizada na zona Leste de Teresina, é um dos principais corredores urbanos da capital, conectando-se diretamente à BR-343, eixo rodoviário que liga o Piauí ao Maranhão e ao Ceará. O trecho concentra intenso fluxo de veículos urbanos e intermunicipais, configurando-se como ponto crítico de tráfego e motivando a implantação da obra de rebaixamento (trincheira), com o objetivo de segregar os fluxos de passagem e o tráfego local, ampliando a mobilidade e a segurança viária.

O empreendimento foi contratado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) sob o Contrato nº 18 00131/2022, com valor inicial de R\$ 38.016.122,48 e

prazo de 730 dias, posteriormente prorrogado em 180 dias devido a dificuldades técnicas. A obra possui 1,027 km de extensão, abrangendo uma trincheira de 420 m, cortinas de contenção em estacas escavadas e estacas raiz, vigas de contraventamento, dois viadutos superiores, sistema de drenagem pluvial interligado a uma rede, pavimentação em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

O projeto executivo original, elaborado pelo DNIT em outubro de 2021, previa a construção de uma trincheira de 420 metros sob a rótula da interseção entre a BR-343/PI e a Avenida João XXIII, totalizando 1,027 km de extensão com acessos e alças marginais. O traçado foi concebido com duas pistas de 7,20 m, separadas por barreira New Jersey dupla, acostamentos de 1,50 m e faixas de segurança de 0,50 m, além de muros de arrimo e cortinas de estacas escavadas de 50 cm de diâmetro, interligadas por vigas de contraventamento espaçadas a cada 3,50 m, compondo o sistema de contenção lateral.

O sistema de drenagem pluvial foi projetado para desaguar em um ponto do Lote 01 do Contorno Rodoviário de Teresina. O projeto ainda contempla dois viadutos superiores de 20,6 m de extensão e 13,8 m de largura, iluminação pública, sinalização e dispositivos de segurança viária. Das Figuras 5 a 8, mostra-se a localização e aspectos gerais da obra, para sua maior compreensão.

Figura 5 - Localização da área da trincheira da Av. João XXIII antes da execução da obra.



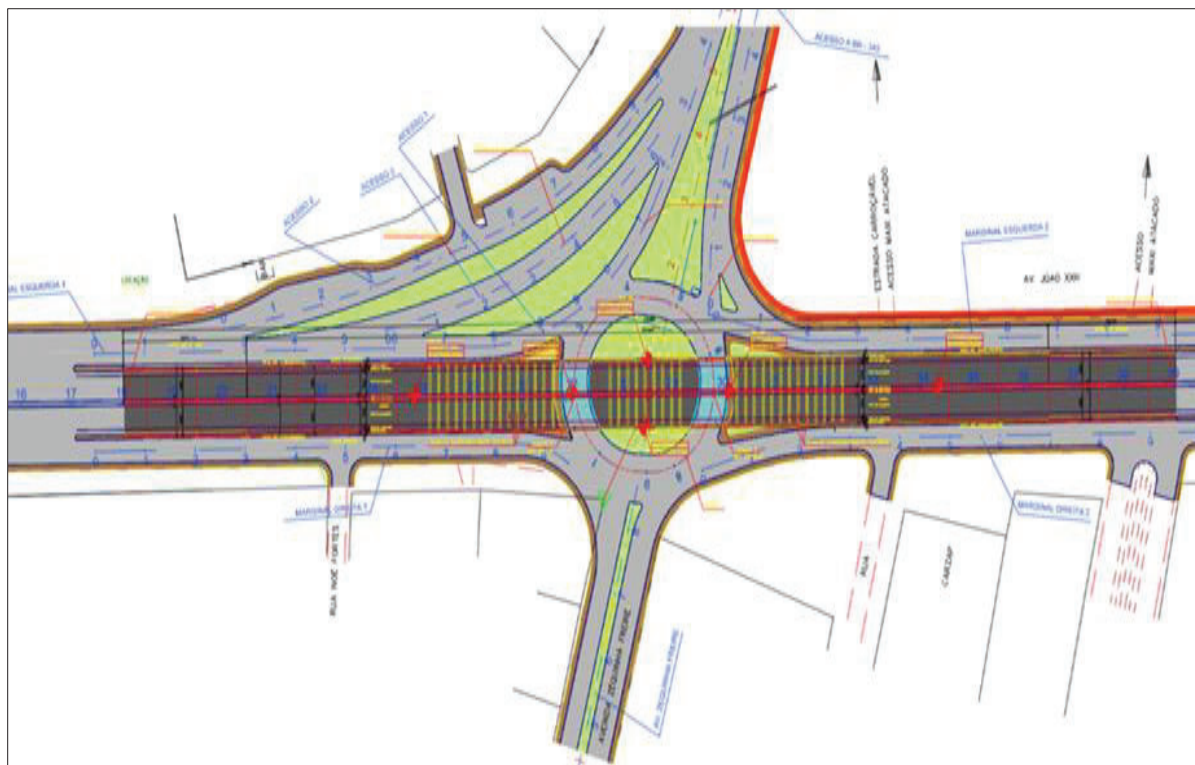
Fonte: Google Earth (2021)

Figura 6 - Vista aérea da trincheira da Av. João XXIII depois da execução da obra.



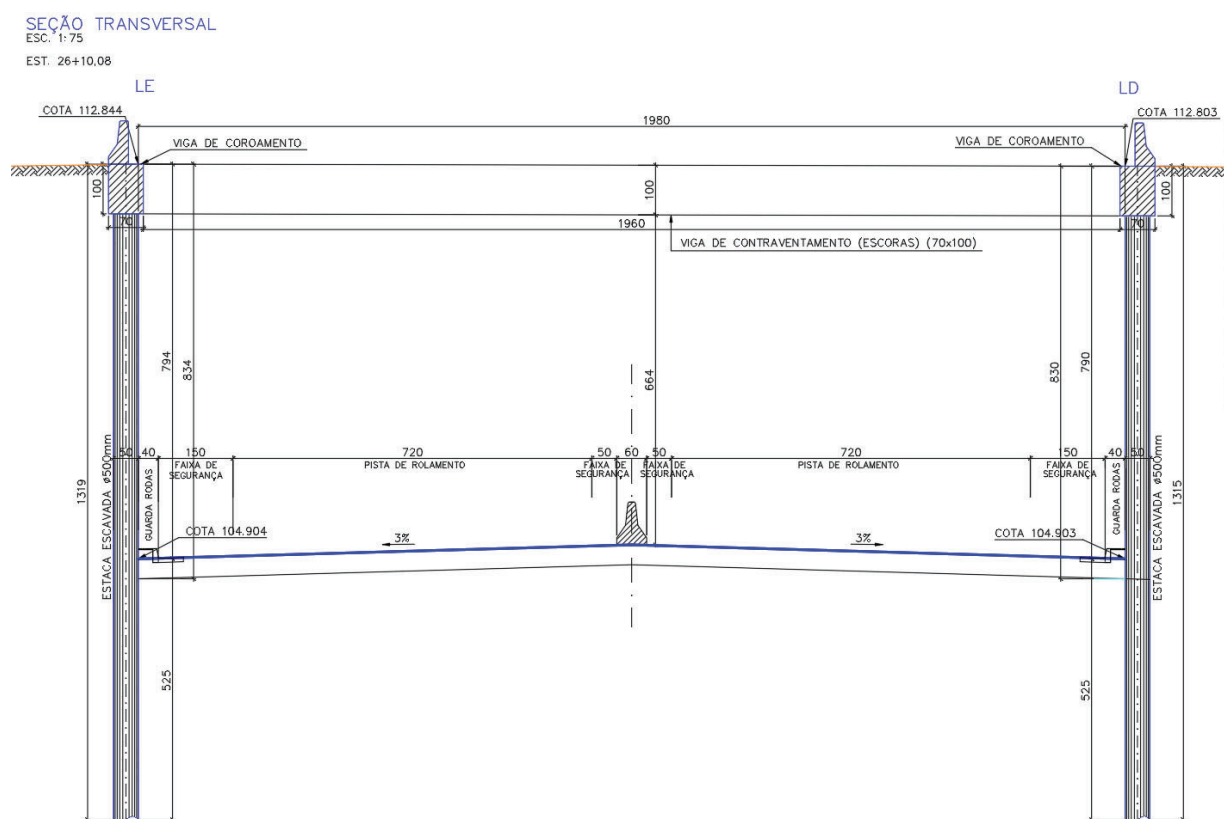
Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2024)

Figura 7 - Planta simplificada do trecho da trincheira e alças viárias.



Fonte: DNIT (2021). Projeto Executivo - Trincheira na Interseção com Avenida João XXIII-Teresina/PI

Figura 8 - Seção tipo projeto executivo original.



Fonte: DNIT (2021). Projeto Executivo - Trincheira na Interseção com Avenida João XXIII-Teresina/PI

Figuras 5 a 8 permitem compreender a configuração espacial e as soluções técnicas adotadas no empreendimento. A comparação entre as imagens pré e pós-execução evidencia a transformação morfológica da área, marcada pelo rebaixamento da via principal e pela implantação das cortinas de contenção laterais, responsáveis pela estabilidade do corte. A planta simplificada (Figura 7) e a seção tipo do projeto executivo (Figura 8) ilustram a integração entre os elementos estruturais, de drenagem e de segurança viária, demonstrando o caráter multidisciplinar da intervenção. Tais representações são fundamentais para a análise das etapas construtivas e para a contextualização das revisões de projeto discutidas nos capítulos seguintes.

4.2. Contexto das falhas identificadas

A análise dos documentos técnicos, relatórios de revisão e registros fotográficos permitiu identificar um conjunto de falhas de concepção e compatibilização que afetaram de forma significativa o desempenho técnico e financeiro da obra. Essas ocorrências foram agrupadas de acordo com sua natureza predominante —geotécnica, estrutural, hidráulica e executiva— de modo a facilitar a compreensão das causas e dos impactos observados. O Quadro 2 apresenta uma síntese das principais falhas identificadas, suas causas prováveis e os efeitos diretos sobre a execução do rebaixamento da Avenida João XXIII.

Quadro 2 - Síntese das principais falhas de projeto identificadas.

Tipo de falha	Descrição resumida	Causa provável	Impacto direto
Geotécnica	Presença de camada de arenito silicificado não considerada adequadamente na escolha do método executivo.	Escolha inadequada do método de escavação.	Dificuldade de perfuração, necessidade de estacas raiz e aumento de custo e prazo.
Estrutural	Inconsistência no dimensionamento das vigas de contraventamento e ausência de previsão de escoramento durante a concretagem.	Falha de compatibilização entre cálculo estrutural e sequência executiva.	Risco à estabilidade da cortina e necessidade de revisão do detalhamento estrutural.
Drenagem	Projeto de drenagem incompatível com o estágio de execução do Lote 01 do Contorno Rodoviário.	Falta de coordenação entre projetos interligados.	Redefinição do ponto de deságue e execução de novos trechos de tubulação.
Executiva / Construtiva	Inviabilidade do uso de explosivos para o desmonte de rochas devido à proximidade de edificações.	Condições urbanas restritivas e ausência de análise prévia de interferências.	Redução de produtividade, necessidade de uso de rompedores hidráulicos e ampliação do prazo.
Executiva / Construtiva	Ausência de previsão de revestimento superficial das estacas, posteriormente executado com concreto jateado.	Falha de detalhamento do projeto executivo e omissão de tratamento superficial nas cortinas.	Aumento do custo e tempo de execução, demandando replanejamento e reforço estrutural.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras

A partir dessa classificação, os subtópicos seguintes detalham cada uma das falhas identificadas, apresentando as evidências documentais, os registros fotográficos e os impactos associados à execução da obra.

4.2.1. Presença de rocha e inadequação do método de escavação

A solução inicialmente adotada para a execução das fundações consistiu no uso de estacas circulares do tipo escavada com fluido estabilizante, conforme item 2306072 do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). Contudo, o relatório de sondagem realizado em 2020, apresentado no projeto executivo e na memória de cálculo, revelou a presença de uma camada composta por blocos, pedras e fragmentos de arenito silicificado, conforme ilustrado nas Figuras 9 e 10. Após a assinatura do contrato, a empresa executora realizou novas sondagens mistas de verificação ao longo do eixo projetado da obra, as quais confirmaram a existência da referida camada rochosa, inicialmente identificada no estudo geotécnico, conforme demonstram as Figuras 11 e 12.

Figura 9 - Localização dos furos - Sondagem de projeto da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.



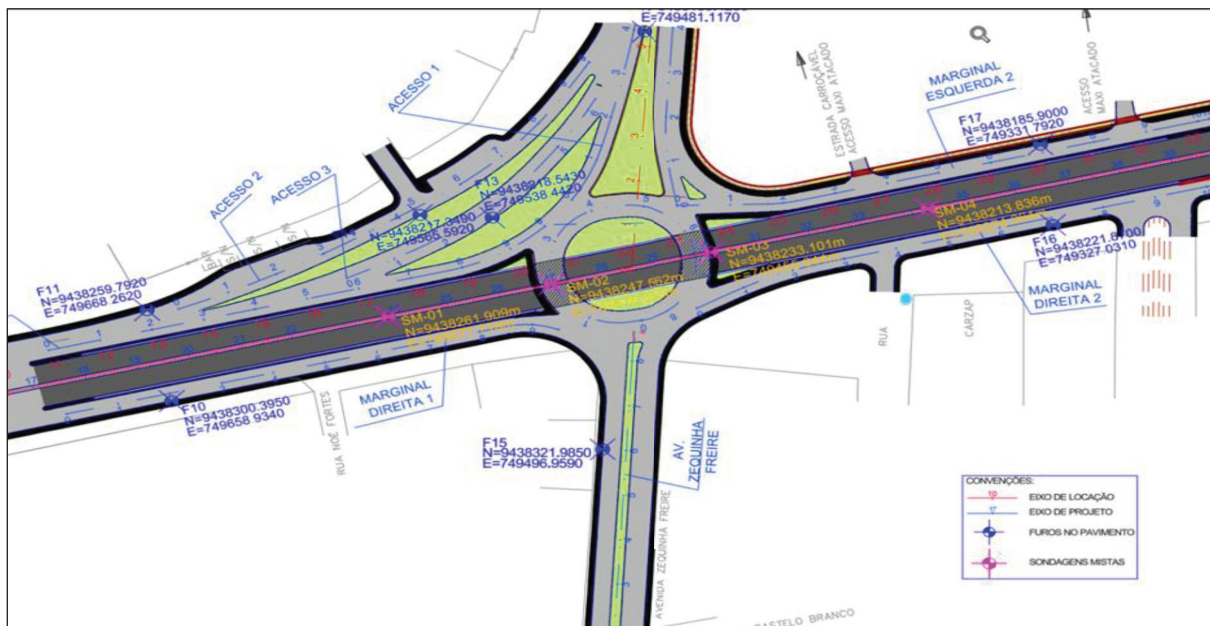
Fonte: DNIT (2020). Anexo 3A – Estudos Geotécnicos e Avaliação do Pavimento

Figura 10 - Perfil individual de sondagem – Sondagem de projeto.

PERFIL INDIVIDUAL DE SONDAAGEM										FURO (Nº):							
OBRA: PROJETO CONTORNO DE TERESINA - TRINCHEIRA																	
LOCAL: AVENIDA JOÃO XXIII / RODOVIA BR-343 - BAIRRO GURUPI - ZONA SUDESTE - TERESINA - PIAUI										DATA:04/03 a 05/03/2020							
NÍVEL D'ÁGUA: SECO				REVESTIMENTO: 2,58m (aNX) / 9,25m (aBX)				COTA DA BOCA DO FURO: 110,65m									
PENETRAÇÃO/PERFURAÇÃO										MATERIAL							
Profundidade (m)					Número de Golpes Para 15cm					Profundidade (m)		Amostragem (Perfili)		Número de Frags.		DESCRICAÇÃO	
De	Até	15	15	15	Golpes P/ 30cm 1ª e 2ª Cam. --- 2ª e 3ª Cam. ---												
0,00	0,45	5	5	7	10	30	50	70	90	0,25			0,25m	- Silte, medianamente a muito arenoso, medianamente compacto, de coloração escuro, com presença de matéria orgânica vegetal (RAÍZES) - ATERRO.			
1,00	1,45	7	10	11						0,62			0,62m	- Areia, muito fina, pouco a medianamente argilosa, medianamente compacta, de coloração creme escuro amarelado - ATERRO.			
2,00	2,45	15	16	18						2,58			2,58m	- Argila, muito plástica, pouco a medianamente siltosa, rija, de coloração creme avermelhado claro, com presença moderada a acentuada de pedregulhos de quartzo (SEIXO) e fragmentos de arenito silicificado, finos a médios, muito consistentes - ATERRO.			
2,58	3,31	1ª MANOBRA(NX)			RECUR.: 38,5% (28,0cm)					3,31			3,31m	- Blocos, pedras e fragmentos de arenito silicificado, frável a muito consistentes, com matriz argilosa, muito plástica, pouco a medianamente siltosa, de coloração variegada com predominância de creme avermelhado escuro.			
3,31	3,76	6	8	9										- Argila, por vezes muito plástica, pouco a muito siltosa, medianamente consistente a rija, de coloração variegada com predominância de roxo e creme avermelhado escuro.			
4,00	4,45	8	7	8										- Blocos, pedras e fragmentos de arenito silicificado, consistentes a muito consistentes, com matriz argilosa, pouco a medianamente siltosa, de coloração variegada com predominância de creme amarelado claro e creme avermelhado claro.			
5,00	5,45	6	7	9										- Silte, medianamente a muito arenoso, muito compacto, de coloração variegada com predominância de creme amarelado claro e cinza claro.			
6,00	6,45	6	8	6										- Limite de sondagem: impenetrável à percussão.			
7,00	7,45	9	9	8						9,25			9,25m	(ARENITO)			
8,00	8,45	8	6	8													
9,00	9,25	6	15/10	5/0													
9,25	10,25	2ª MANOBRA(BX)			RECUR.: 32,0% (32,0cm)					11,34			11,34m				
10,25	10,33	15/8	5/0	-													
10,33	11,33	3ª MANOBRA(BX)			RECUR.: 21,0% (21,0cm)												
11,33	11,78	40	-	-													
12,00	12,13	43/13	-	-													
13,00	13,15	45	-	-													
14,00	14,10	42/10	-	-													
15,00	15,15	45	-	-													
16,00	16,08	42/8	-	-						18,21			18,21m				
Porcentagem de Recuperação					0 20 40 60 80 100												

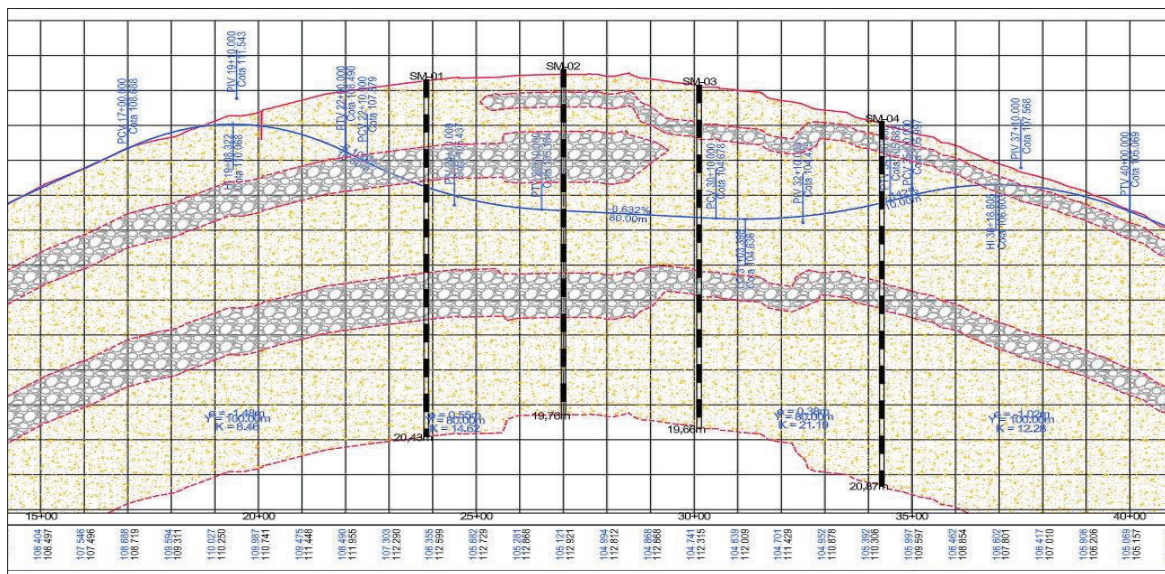
Fonte: DNIT (2020). Anexo 3A – Estudos Geotécnicos e Avaliação do Pavimento: Projeto Executivo Contorno Rodoviário de Teresina – BR-343/PI.

Figura 11 - Perfil individual de sondagem mista de verificação.



Fonte: DNIT (2022). Projeto Executivo - Trincheira na Interseção com Avenida João XXIII-Teresina/PI

Figura 12 - Perfil Geológico - sondagem mista de verificação da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.



DNIT (2022). Projeto Executivo - Trincheira na Interseção com Avenida João XXIII-Teresina/PI

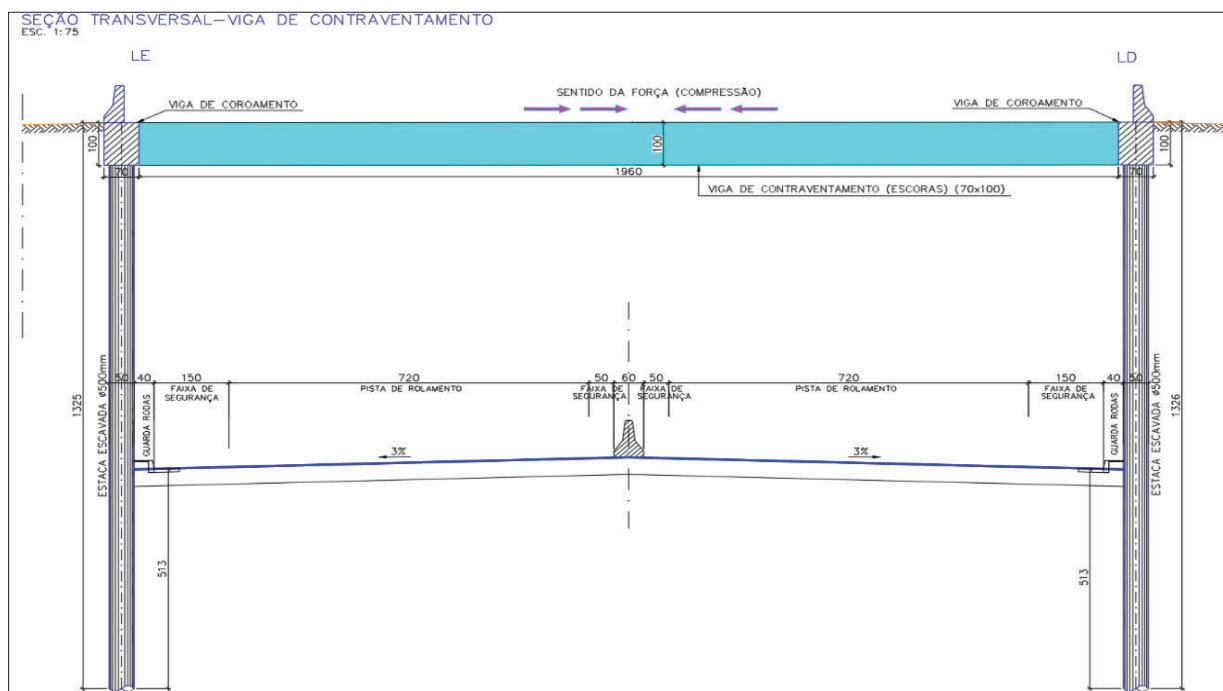
Posteriormente à execução dos serviços preliminares, deu-se início à construção dos muros de arrimo localizados nas extremidades dos viadutos, conforme previsto no projeto executivo. Na sequência, iniciou-se a execução das estacas escavadas em solo, etapa fundamental para a estabilidade das cortinas de contenção.

Durante essa fase, entretanto, foram observadas dificuldades significativas no avanço das estacas escavadas em virtude da presença de camadas rochosas que, embora previstas nas sondagens de projeto, não foram devidamente consideradas na escolha do método executivo mais adequado pelo contratante. Essa condição geotécnica resultou em interrupções frequentes no processo de perfuração, com aumento expressivo no tempo de escavação ao atingir a camada rochosa, demandando maior número de horas de operação e replanejamento das atividades subsequentes. Além disso, tornou-se necessária a substituição parcial do método de escavação por estacas raiz, o que implicou desmobilização dos equipamentos de perfuração originalmente empregados e consequente redução da produtividade prevista em cronograma.

4.2.2. Inconsistência estrutural nas vigas de contraventamento

O projeto executivo previu a execução de vigas transversais de contraventamento espaçadas a cada 3,50 m nos trechos de maior altura das contenções, com o objetivo de proporcionar maior rigidez ao conjunto estrutural e garantir o comportamento monolítico das cortinas. Essas vigas têm a função de limitar deslocamentos horizontais e deformações nas estacas escavadas, que, por sua vez, encontram-se engastadas no solo na extremidade inferior e apoiadas na extremidade superior. Tal configuração estrutural foi concebida para assegurar a estabilidade global da contenção e o desempenho adequado das cortinas de estacas ao longo de toda a extensão da trincheira, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Seção Transversal – Viga de contraventamento da Trincheira da Av. João XXIII, Teresina-PI.



Fonte: DNIT (2022). Projeto Executivo Contorno Rodoviário de Teresina – BR-343/PI

Durante a execução das vigas de contraventamento previstas no projeto executivo, foi identificada uma inconsistência no dimensionamento da armadura estrutural. Conforme relatado pela empresa executora e registrado na Revisão do Projeto em Fase de Obras (RPFO, 2024), o engenheiro calculista da contratada verificou que área de aço especificada inicialmente não era suficiente para suportar os esforços provenientes do peso próprio da viga e das cargas atuantes durante o processo de concretagem. Essa constatação indicou a existência de uma falha de dimensionamento estrutural no projeto original, a qual poderia comprometer a estabilidade da contenção e a segurança da estrutura caso não fosse revista.

Além disso, constatou-se que o escoramento necessário à execução dessas vigas não havia sido previsto no projeto original, condição que dificultava a execução segura da concretagem. Essa ausência foi registrada durante o processo de montagem e corte das armaduras, evidenciando a necessidade de ajustes estruturais para garantir o desempenho adequado do sistema de contraventamento. A Figura 14 (A,B,C e D) ilustra a execução das vigas de contraventamento ao longo da cortina, evidenciando o posicionamento das armaduras e o sistema de escoramento adotado durante a concretagem.

Figura 14 - Viga de contraventamento - Armação e escoramento.



Fonte: Fonte: RPFO – Revisão do Projeto em Fase de Obras, 2024

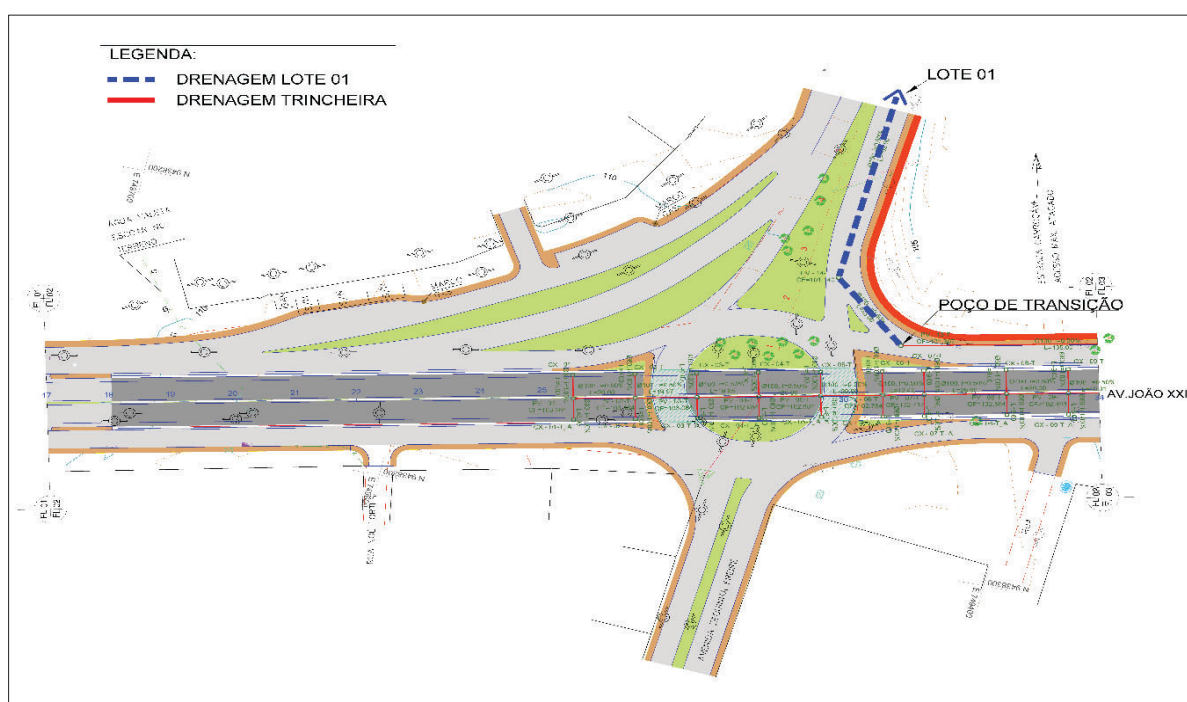
4.2.3. Problemas no sistema de drenagem

O projeto de drenagem da trincheira localizada na interseção da BR-343/PI com a Avenida João XXIII tinha como finalidade assegurar o adequado escoamento das águas pluviais, evitando o acúmulo superficial. Entretanto, durante a fase de implantação, foram identificadas inconsistências entre o traçado previsto no projeto executivo e as condições reais observadas em campo.

O projeto original previa que o deságue das águas captadas na trincheira seria conduzido para o ramal de drenagem do Lote 01 do contorno rodoviário de Teresina-PI, situado de forma perpendicular à obra. Contudo, no momento da execução, constatou-se que as intervenções referentes a esse lote ainda não haviam sido iniciadas, o que inviabilizou a interligação hidráulica planejada. Essa situação impôs a necessidade de buscar um novo ponto de deságue capaz de receber as vazões provenientes da trincheira.

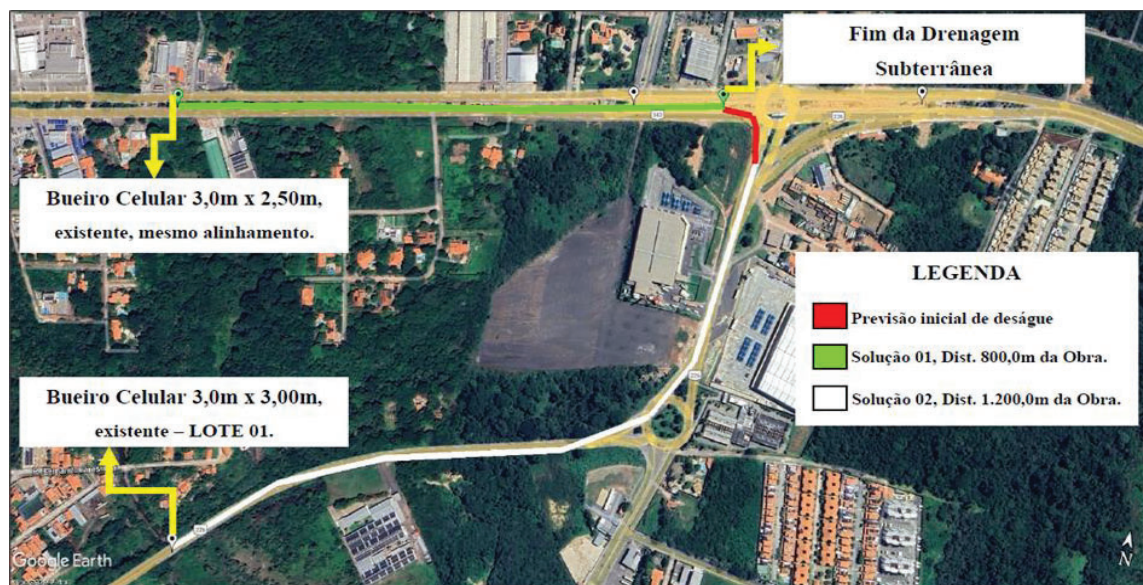
Durante as inspeções de campo, foram identificados dois bueiros celulares existentes nas proximidades da área de intervenção, sendo um BSCC (Bueiro Simples Celular de Concreto) de 3,00 x 2,50m, localizado no mesmo alinhamento da trincheira, a aproximadamente 800 m do último poço de drenagem subterrânea e outro BSCC de 3,00 x 3,00 m, posicionado de forma perpendicular a obra, a cerca de 1.200 m de distância, no segmento correspondente ao Lote 01, conforme figuras 15 e 16.

Figura 15 - Projeto de Drenagem – Deságue das águas pluviais da Trincheira no Lote 01.



Fonte: DNIT (2022). Projeto Executivo Contorno Rodoviário de Teresina – BR-343/PI

Figura 16 - Soluções para deságue de águas pluviais da trincheira na interseção da BR-343/PI com a Avenida João XXIII.



Fonte: RPFO – Revisão do Projeto em Fase de Obras, 2024

A constatação dessas estruturas indicou que o projeto inicial não havia considerado adequadamente as condições locais e o estágio de execução das obras interligadas, evidenciando falhas de compatibilização e de coordenação entre os projetos complementares. Essa ausência de integração gerou incertezas quanto à viabilidade do traçado de drenagem originalmente proposto e à eficiência do sistema de escoamento pluvial.

4.2.4. Escavação de material de 3ª categoria com uso de explosivos

A escavação da camada rochosa identificada em sondagem de projeto, conforme descrito no item 4.2.1, foi prevista para ocorrer após a execução das cortinas de estacas escavadas e das vigas de contraventamento. Para essa etapa, o projeto executivo estimou um volume de 23.853,80 m³ de material de 3ª categoria, especificando o uso de explosivos como método de desmonte. Essa solução técnica visava otimizar o tempo de escavação e assegurar o rebaixamento do greide dentro do prazo previsto no cronograma físico-financeiro da obra.

Durante a execução, contudo, verificou-se que a utilização de explosivos não era viável, em razão da proximidade de edificações, redes de utilidade pública e estruturas de concreto já executadas no entorno da trincheira. O uso dessa técnica representava riscos significativos a segurança da obra e à integridade das estruturas vizinhas (Figura 17A), evidenciando uma incompatibilidade entre o método construtivo previsto em projeto e as condições reais do ambiente urbano. Essa limitação impactou diretamente o planejamento e o rendimento inicialmente estimado para o serviço de escavação, tornando necessária a reavaliação do método executivo a ser adotado.

Figura 17 - Escavação de material de 3ª categoria no trecho central da trincheira.



Fonte: RPFO – Revisão do Projeto em Fase de Obras, 2024

Nas Figura 17B observa-se o processo de escavação do material de 3ª categoria, evidenciando a presença de rocha de alta resistência e as limitações de execução impostas pelo ambiente urbano.

4.2.5. Ausência de previsão de revestimento das estacas

Durante a execução das cortinas de estacas escavadas da trincheira, verificou-se que o projeto executivo não contemplava o revestimento superficial das estacas, o que resultou na exposição direta do concreto às intempéries e à umidade do solo. Essa condição poderia comprometer a durabilidade e o desempenho estrutural da contenção, além de gerar desgaste estético em um trecho urbano de grande visibilidade.

O relatório de Revisão de Projeto em Fase de Obras (RPFO, 2024) destacou que a falta de proteção superficial favorecia a lixiviação e o surgimento de fissuras, especialmente em pontos sujeitos à infiltração de água. Diante dessa constatação, a equipe técnica recomendou a aplicação de revestimento com concreto projetado em toda a extensão exposta das estacas, medida que foi posteriormente incorporada à obra como solução corretiva.

A Figura 18 A e B evidenciam a contenção executada com estacas escavadas, apresentando, respectivamente, a linha de cortina sem revestimento superficial e o processo de jateamento com concreto projetado utilizado para sua proteção. Observa-se que, na condição inicial, o solo entre estacas permanece exposto, sujeito à desagregação e ao surgimento de cavidades, o que pode comprometer a estabilidade local e gerar carregamento de material para o interior da trincheira. A aplicação do concreto projetado busca uniformizar a face da cortina, reduzir a permeabilidade e proteger tanto o fuste das estacas quanto a armadura contra a ação de agentes agressivos. Esse revestimento também contribui para o melhor comportamento global do sistema de contenção,

uma vez que promove maior rigidez superficial e facilita a inspeção visual de eventuais fissuras ou recalques diferenciais. Desse modo, as imagens ilustram a transição entre a situação de vulnerabilidade inicial e a condição de proteção adequada prevista no projeto, destacando a importância do revestimento na durabilidade e segurança da obra.

Figura 18 - Condição inicial da cortina de estacas escavadas sem revestimento e aplicação do concreto projetado para proteção superficial.



Fonte: Acervo pessoal do autor, imagens cedidas pelo engenheiro executor da obra (2023)

A ausência desse detalhamento evidenciou uma falha de compatibilização entre os projetos geotécnico e estrutural, uma vez que o revestimento é fundamental para assegurar a durabilidade e a integridade das cortinas, conforme as diretrizes da NBR 6118:2014. Essa ocorrência reforça a importância da análise conjunta entre as disciplinas de projeto e da consideração dos aspectos de manutenção e proteção ainda na fase de concepção.

4.2.6. Outras falhas de menor impacto

Além das falhas de maior relevância técnica e financeira apresentadas nos itens anteriores, o Relatório de Revisão do Projeto em Fase de Obras (RPFO, 2024) identificou diversas inconsistências complementares que, embora tenham gerado reflexos pontuais, não ocasionaram acréscimos contratuais significativos. Tais ocorrências estão associadas a ajustes geométricos, revisões de quantitativos e readequações de elementos executivos, resultantes principalmente da ausência de compatibilização entre disciplinas de projeto e da defasagem de informações de campo. O Quadro 3 apresenta um resumo das principais falhas e ajustes registrados, classificando-as conforme a natureza e o impacto observado.

Quadro 3 - Outras inconsistências e ajustes de projeto identificados na RPFO (2024).

Tipo	Descrição resumida	Impacto ou justificativa
Topográfica / volumétrica	Divergência entre volumes de escavação e aterro do projeto e os volumes reais obtidos em campo.	Revisão de seções e notas de serviço para correção de quantitativos.
Estrutural / fundações	Ausência de previsão de arrasamento das estacas no projeto original.	Inclusão do serviço de arrasamento (1 m) para execução das vigas de coroamento.
Estrutural / protensão	Falta de bainhas metálicas para cordoalhas nas vigas protendidas.	Inclusão do item para viabilizar a protensão.
Estrutural / dilatação	Omissão de junta entre laje de transição e viaduto.	Inclusão de junta tipo <i>JEENE</i> para absorver variações térmicas.
Geométrica / pavimentação	Necessidade de ajuste na declividade do pavimento da trincheira.	Correção para otimizar o escoamento pluvial e evitar empoçamentos.
Controle tecnológico / pavimentação	Falha no método das pistas marginais, exigindo ensaio com viga Benkelman.	Alteração para fresagem e reforço do revestimento.
Drenagem	Projeto incompleto de drenagem superficial.	Inclusão de novas bocas de lobo e ramais curtos.
Iluminação pública	Projeto reprovado pela Equatorial por desatualização.	Novo projeto elaborado e aprovado com pontos adicionais.
Sinalização viária	Layout de sinalização incompatível com o tráfego atual.	Revisão dos quantitativos e atualização do projeto.
Interferências / utilidades públicas	Falta de coordenação com redes de energia e dados.	Remanejamento em parceria com concessionárias.
Paisagismo / ambiental	Previsão desnecessária de serviços de enleivamento.	Supressão do item por ausência de erosões.
Obras complementares	Incompatibilidade de execução de calçadas e defensas maleáveis.	Substituição por barreiras New Jersey duplas.

Fonte: Adaptado do RPFO – Relatório de Revisão do Projeto em Fase de Obras (2024)

4.3. Impactos observados

4.3.1. Impactos financeiros

As incompatibilidades de projeto identificadas nos tópicos anteriores — conforme detalhado nos subtópicos 4.3.1 a 4.3.6, que abordam as inconsistências geotécnicas, estruturais e de drenagem, relacionadas à inadequação do método de escavação em presença de rocha, à inconsistência estrutural das vigas de contraventamento, aos problemas de compatibilização do sistema de drenagem, à inviabilidade do uso de explosivos, a ausência de previsão de revestimento das estacas dentre outras inconsistências de menor impacto, refletiram diretamente no aumento dos custos contratuais e na necessidade de replanejamento financeiro da obra. Essas ocorrências

exigiram a execução de serviços não previstos no projeto básico, a revisão de quantitativos e a adoção de soluções técnicas alternativas, impactando de forma significativa o valor global do empreendimento.

Além disso, a prorrogação do prazo contratual decorrente dessas interferências técnicas resultou em acréscimo expressivo nos custos de administração local, uma vez que o prolongamento da permanência de equipes, equipamentos e estruturas de apoio no canteiro de obras elevou as despesas indiretas associadas à gestão e manutenção do empreendimento.

Para avaliar esse impacto, foram elaboradas planilhas comparando os valores previstos no contrato inicial com aqueles registrados após as revisões e aditivos. A tabela 3 sintetiza os principais acréscimos identificados na Revisão de Projeto em Fase de Obras.

Tabela 3 - Comparativo dos valores contratuais originais e revisados.

ITEM	FAMÍLIAS DE SERVIÇO	CONTRATO (R\$)	1ª RPFO (R\$)	DIFERENÇA (R\$)	% S/ VALOR ORIGINAL	
					ITEM	CONTRATO
		(a)	(b)	(c) = (b - a)	(d) = (c / a)	(e)
1.0	Mobilização e desmobilização de equipamentos e pessoal	11.038,90	11.038,90	0	0,00%	0,00%
2.0	Instalação do canteiro de obras, alojamentos e instalações industriais	2.300.100,31	2.087.814,24	-212.286,07	-9,23%	-0,56%
3.0	Administração local e manutenção do canteiro de obras, alojamentos e instalações industriais	10.923.357,51	12.190.770,58	1.267.413,07	11,60%	3,33%
4.0	Terraplenagem	3.072.409,96	2.968.944,32	-103.465,64	-3,37%	-0,27%
5.0	Drenagem	1.293.485,73	1.529.907,04	236.421,31	18,28%	0,62%
6.0	Pavimentação e restauração do pavimento	5.937.768,07	5.092.971,43	-844.796,64	-14,23%	-2,22%
7.0	Obras de arte especiais	12.869.270,93	16.596.025,49	3.726.754,56	28,96%	9,80%
8.0	Sinalização	593.368,80	677.949,09	84.580,29	14,25%	0,22%
9.0	Obras complementares	339.878,28	197.643,12	-142.235,16	-41,85%	-0,37%
10.0	Paisagismo	45.277,56	513,89	-44.763,67	-98,87%	-0,12%

ITEM	FAMÍLIAS DE SERVIÇO	CONTRATO (R\$)	1ª RPFO (R\$)	DIFERENÇA (R\$)	% S/ VALOR ORIGINAL	
					ITEM	CONTRATO
		(a)	(b)	(c) = (b - a)	(d) = (c / a)	(e)
11.0	Remanejamento de serviços de utilidade pública	304.421,44	73.550,90	-230.870,54	-75,84%	-0,61%
12.0	Rede de energia elétrica	273.859,31	349.896,36	76.037,05	27,77%	0,20%
13.0	Proteção ambiental	51.885,68	11.657,06	-40.228,62	-77,53%	-0,11%
	TOTAIS	38.016.122,48	41.788.682,42	3.772.559,94		9,92%

Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras – RPFO (2024).

Dentre as famílias de serviços apresentadas na tabela 3, observa-se que nem todas apresentaram comportamento homogêneo em relação às variações de custo. Enquanto alguns itens sofreram reduções em virtude da readequação de quantitativos e exclusão de atividades, outros registraram acréscimos expressivos, associados principalmente às revisões técnicas demandadas durante a execução da obra.

A tabela 4 e o Gráfico 1 a seguir destacam apenas os serviços que resultaram em reflexo financeiro positivo, evidenciando as categorias mais impactadas pela Revisão de Projeto. Entre elas, destacam-se as Obras de Arte Especiais, a Administração Local e a Drenagem, cujos aumentos estão diretamente relacionados às incompatibilidades de projeto e às condições imprevistas de campo, conforme discutido anteriormente.

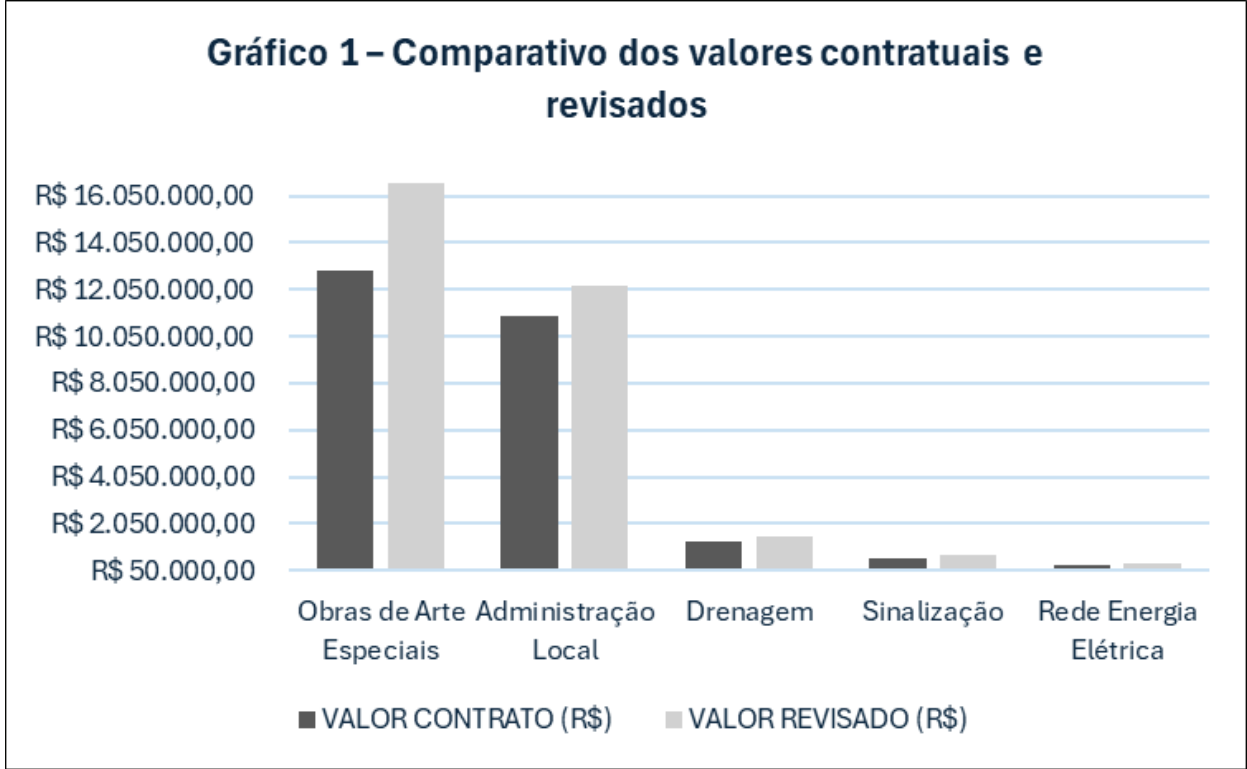
Cabe ressaltar, entretanto, que os acréscimos verificados nos serviços de Sinalização e Rede de Energia Elétrica não decorreram de inconsistências de projeto, mas de adequações necessárias às condições atuais do entorno urbano e às exigências normativas vigentes, contudo esses tópicos não serão abordados neste trabalho.

Tabela 4 - Comparativo dos valores contratuais originais e revisados.

Serviço	Valor contrato (R\$)	Valor revisado (R\$)	Aumento (R\$)	Aumento sobre o item (%)	Aumento sobre o contrato (%)
Obras de Arte Especiais	12.869.270,93	16.596.025,49	3.726.754,56	28,96%	9,80%
Administração Local	10.923.357,51	12.190.770,58	1.267.413,07	11,60%	3,33%
Drenagem	1.293.485,73	1.529.907,04	236.421,31	18,28%	0,62%
Sinalização	593.368,80	677.949,09	84.580,29	14,25%	0,22%
Rede Energia Elétrica	273.859,31	349.896,36	76.037,05	27,77%	0,20%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras – RPFO (2024)

Gráfico 1- Comparativo dos valores contratuais com reflexo financeiro positivo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras – RPFO (2024)

A análise detalhada dos serviços que compõem as famílias de Drenagem e Obras de Arte Especiais permitiu identificar os principais responsáveis pelos acréscimos de custo observados na Revisão de Projeto em Fase de Obras.

Na Drenagem, o aumento concentrou-se principalmente na confecção de tubos de concreto armado para o corpo do bueiro tubular, em razão da necessidade de direcionamento para um novo ponto de deságue das águas pluviais da trincheira. Essa adequação demandou a redefinição do traçado de escoamento e a execução de novos trechos de tubulação, o que resultou em maior volume de escavação e de berço em concreto magro, além da recomposição do pavimento e de serviços complementares de assentamento e compactação.

Já nas Obras de Arte Especiais, os maiores reflexos financeiros ocorreram em serviços estruturais, como a execução de estaca raiz, o fornecimento e aplicação de aço CA-50, o revestimento das estacas com concreto jateado e o escoramento metálico das vigas de contraventamento.

Esses acréscimos decorreram da substituição parcial das estacas escavadas por estacas raiz — adotadas como solução técnica diante das condições rochosas imprevistas — e da necessidade de reforço das armaduras e de regularização das faces das cortinas por meio de revestimento em concreto jateado, conforme demonstrado na tabela 5.

Tabela 5 - Principais serviços com acréscimo financeiro nos serviços de Drenagem e Obras de Arte Especiais.

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	CUSTO TOTAL (R\$)			ACRÉSCIMO (%)	
		CONTRATO	1ª RPFO	AUMENTO (R\$)	SOBRE O ITEM	SOBRE O CONTRATO
DRENAGEM						
Confeção de tubos de concreto armado D = 1,00 m PA1 - areia e brita comerciais	m	103.818,00	223.787,56	119.969,56	115,56%	0,316%
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 7000 a 7500 m - caminho de serviço pavimentado - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³	m³	3.132,09	100.340,43	97.208,34	3103,6%	0,256%
Meio-fio de concreto - MFC 03 - areia e brita comerciais - fôrma de madeira	m	0,00	27.189,00	27.189,00	100,0%	0,072%
Concreto ciclópico fck = 20 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia, brita e pedra de mão comerciais	m³	90.343,22	106.785,42	16.442,20	18,2%	0,043%
OBRAS DE ARTE ESPECIAIS						
Estaca raiz perfurada na rocha com D = 31 cm - confecção	m	0,00	1.100.877,65	1.100.877,65	100,0%	2,896%
Concreto projetado via seca fck = 20 MPa aplicado em superfícies inclinadas e verticais	m³	0,00	1.010.255,98	1.010.255,98	100,0%	2,657%
Armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação	kg	7.007.687,69	7.787.361,85	779.674,16	11,1%	2,051%
Escoramento com pontaltes D = 15 cm - utilização de 3 vezes - confecção, instalação e retirada	m³	0,00	198.714,95	198.714,95	100,0%	0,523%
Arrasamento de estacas de concreto com seção superior à 900 cm²	m³	0,00	110.730,91	110.730,91	100,0%	0,291%
Armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação	kg	737.563,20	847.542,66	109.979,46	14,9%	0,289%
Fixação de tela eletrossoldada em talude para lançamento de argamassa ou concreto projetado	kg	0,00	73.634,59	73.634,59	100,0%	0,194%
Lixamento mecanizado em superfície de concreto	m²	0,00	67.815,04	67.815,04	100,0%	0,178%
Apicoamento manual de concreto	m²	0,00	58.972,40	58.972,40	100,0%	0,155%
Pintura manual com nata de cimento - 3 demãos	m²	0,00	26.167,76	26.167,76	100,0%	0,069%
Estaca circular tipo estação escavada com uso de fluido estabilizante - confecção	m³	1.827.016,02	1.842.589,46	15.573,44	100,0%	0,041%

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras – RPFO (2024)

Em síntese, os resultados evidenciam que os maiores impactos financeiros se concentraram nos serviços estruturais e de drenagem, refletindo a necessidade de soluções corretivas e reforçando a importância da compatibilização entre disciplinas de projeto nas fases de planejamento e execução.

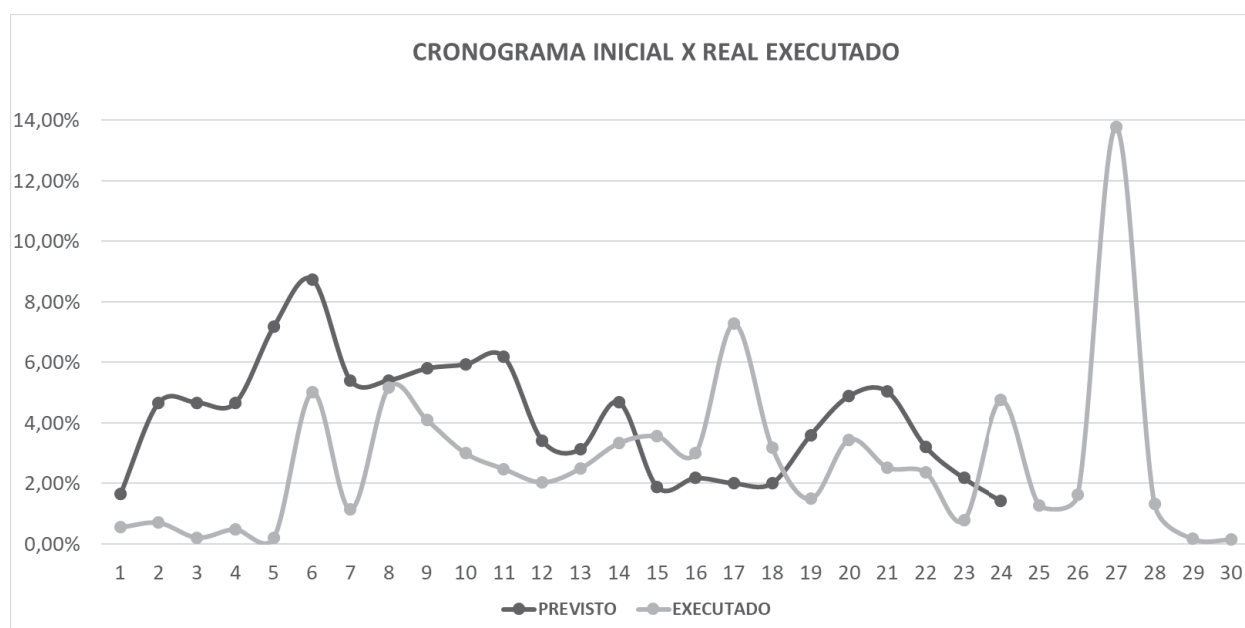
4.3.2. Impactos no cronograma

O cronograma da obra, que antes previa prazo total de 730 dias, sofreu uma prorrogação de 180 dias, representando um acréscimo aproximado de 25% em relação ao tempo inicialmente planejado. A análise comparativa entre o cronograma de projeto e o cronograma real executado evidencia os reflexos diretos das readequações técnicas e das condições imprevistas de campo sobre o ritmo de avanço físico do empreendimento.

Os maiores impactos temporais concentraram-se nas etapas de terraplenagem, obras de arte especiais e administração local, diretamente afetadas por ajustes de método executivo e pela necessidade de compatibilização de frentes de serviço. Enquanto a terraplenagem apresentou atrasos devido ao desmonte de rocha, as obras de arte especiais sofreram ampliação de prazo em virtude da substituição parcial de estacas escavadas por estacas raiz e da execução de revestimentos com concreto jateado. Já a administração local teve duração ampliada em razão da extensão do prazo contratual, o que demandou a manutenção prolongada das equipes técnicas e das estruturas de apoio no canteiro.

O Gráfico 2 apresenta o comparativo entre o cronograma inicialmente projetado e o cronograma revisado, evidenciando a diferença de comportamento entre as linhas de avanço ao longo do tempo. Observa-se que, desde o início da obra, o cronograma executado passa a apresentar atrasos em relação ao cronograma previsto, atingindo seus maiores desvios nos primeiros cinco meses, exatamente durante o início da fase de execução das fundações. Por se tratar de uma atividade crítica, o seu atraso afetou todas as demais etapas subsequentes, reduzindo a folga disponível e comprimindo o tempo de execução das atividades de superestrutura e de acabamento. Nota-se ainda que, mesmo após a revisão do planejamento, o cronograma real não retoma integralmente a trajetória inicialmente prevista, evidenciando que as medidas de correção adotadas foram insuficientes para recuperar completamente o atraso acumulado.

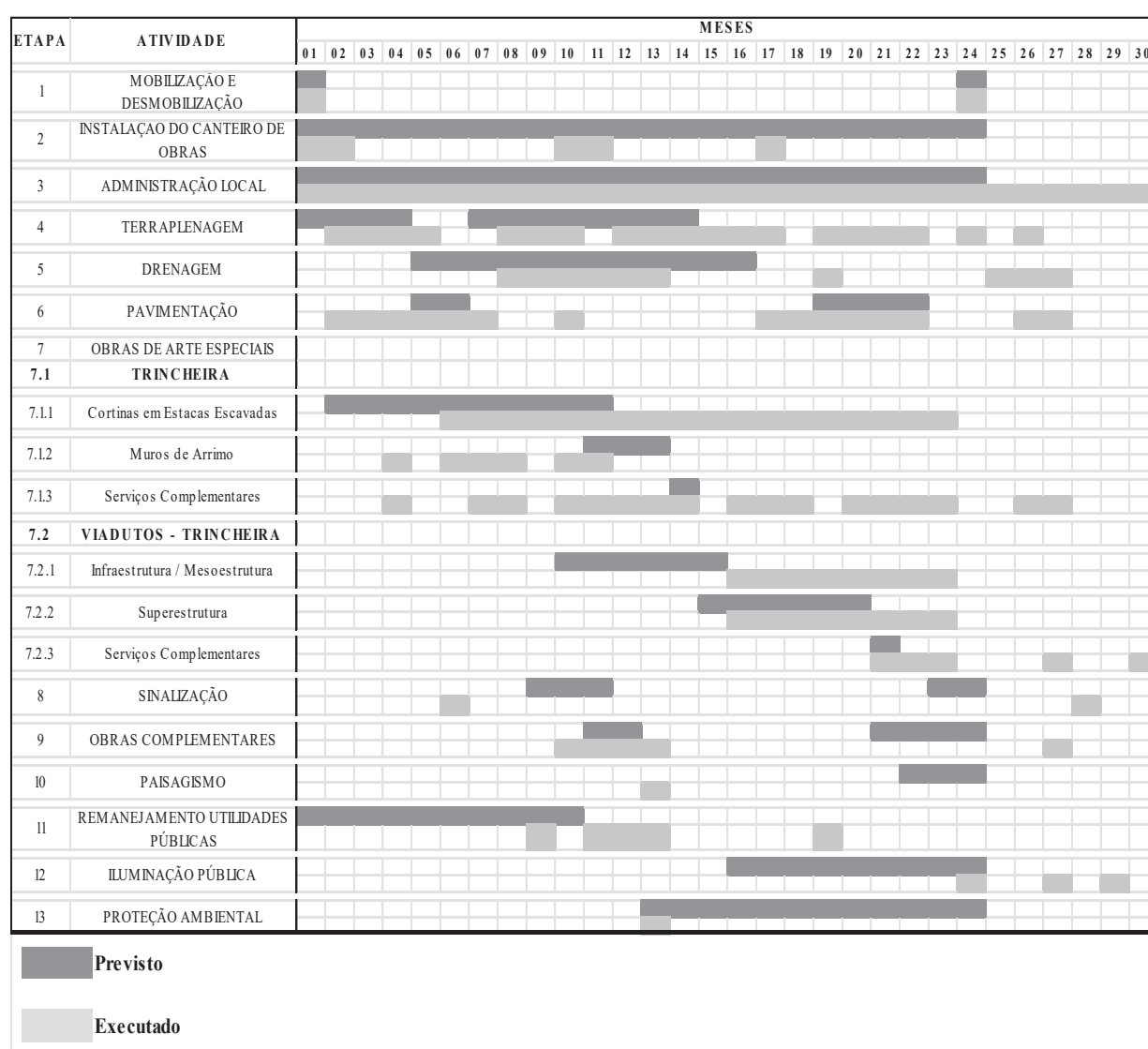
Gráfico 2- Comparativo entre o cronograma projetado e o cronograma real executado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Além disso, a Figura 19 apresenta a sobreposição entre o cronograma originalmente projetado e o cronograma efetivamente executado, permitindo identificar com clareza as etapas

mais impactadas pelas readequações de projeto. Observa-se que as atividades relacionadas às obras de arte especiais e à drenagem foram as principais responsáveis pela dilatação do prazo global, resultando na prorrogação da conclusão do empreendimento em aproximadamente seis meses em relação ao previsto inicialmente. Como se tratam de etapas críticas no caminho de execução, seus atrasos implicaram a permanência prolongada de equipes, canteiro e estrutura administrativa, contribuindo para o aumento dos custos indiretos da obra. Esse efeito é particularmente perceptível na atividade de administração local, cuja duração real se estende de forma significativa em comparação ao planejamento original.



Com o intuito de avaliar o desempenho produtivo das atividades críticas, foi elaborado a tabela 6, que apresenta o comparativo entre as produções horárias das equipes para cada unidade de serviço.

Tabela 6 - Comparativo de produtividade atividades.

COMPARATIVO - PRODUÇÃO HORÁRIA		
Serviço	Und	Produção
Obras de arte especiais - Escavação das estacas		
Estaca escavada em solo	m³/h	1,597
Estaca Escavada em Rocha	m³/h	0,747
Terraplanagem - Desmonte de Rocha		
Escavação de material de 3ª categoria com uso de explosivos	m³/h	64,84
Escavação em material de 3ª categoria - com escavadeira e rompedor hidráulico	m³/h	12,44

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir da Revisão de Projeto em Fase de Obras

Nota-se que com a troca de método de escavação das estacas escavadas em solo para estaca escavada em rocha, requereu-se um aumento de emprego de hora em 53,22% para o mesmo volume escavado. De forma semelhante, o desmonte de rocha também teve produtividade reduzida em torno de 81% com a substituição do método, implicando maior tempo de ciclo e necessidade de replanejamento das frentes de serviço interdependentes do cronograma.

Dessa forma, constata-se que as readequações de projeto repercutiram diretamente no ritmo de execução das frentes críticas, resultando em um alongamento global do cronograma e exigindo maior controle das etapas produtivas para assegurar a continuidade das demais fases da obra.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise e discussão dos resultados permitiu entender, de forma mais clara, os efeitos das falhas de projeto e das adaptações técnicas realizadas durante a execução do rebaixamento da Avenida João XXIII, em Teresina-PI. Com base nos documentos do DNIT e planilhas de custos, foi possível comparar as mudanças de método, os reflexos financeiros e os impactos no cronograma, relacionando-os com o que a literatura aponta sobre situações semelhantes em obras públicas.

5.1. Interpretação dos resultados financeiros

Os resultados financeiros mostram que o custo total da obra teve um aumento de cerca de 9,9%, passando de R\$ 38 milhões para R\$ 41,7 milhões, conforme registrado na Revisão de Projeto em Fase de Obras (RPFO, 2024). Esse acréscimo se concentrou nas famílias de Obras de Arte Especiais, Drenagem e Administração Local, o que segue o padrão apontado por Soibelman e Medeiros (2000), segundo os quais boa parte dos aditivos em contratos públicos decorre de falhas de projeto e incompatibilidades entre disciplinas.

Nas Obras de Arte Especiais, o aumento foi causado principalmente pela substituição

parcial das estacas escavadas por estacas raiz, pelo uso de concreto jateado nas cortinas e pelo reforço das vigas de contraventamento. Essas mudanças foram necessárias porque as sondagens em campo confirmaram a presença de camadas rochosas em profundidade, o que inviabilizou a perfuração convencional. Segundo o DNIT (2020), esse tipo de ajuste é comum quando o projeto básico não prevê corretamente as condições geotécnicas, gerando aumento de consumo de materiais e de tempo de execução.

Na Drenagem, o custo adicional veio da execução de novos trechos de tubulação e da mudança do ponto de deságue, que não estava previsto no projeto original. Essas alterações exigiram mais escavações, recomposição de pavimento e novos bueiros de concreto armado.

Por fim, a Administração Local também teve aumento de custo em razão da prorrogação contratual de 180 dias, o que elevou as despesas indiretas do canteiro, manutenção de equipe e maquinário. O PMI (2017) destaca que extensões de prazo como essa aumentam proporcionalmente os custos indiretos, refletindo diretamente no orçamento final.

5.2. Análise dos impactos no cronograma

A comparação entre o cronograma inicial e o executado evidenciou um atraso médio de 25 % em relação ao prazo originalmente contratado. As etapas de terraplenagem e obras de arte especiais foram as mais afetadas.

Na terraplenagem, o desmonte de rocha com o uso de rompedores hidráulicos ao invés do uso de explosivos reduziu drasticamente a produtividade das escavações, passando de 64,8 m³/h para 12,4 m³/h, segundo índices de produtividade adotados nas composições do SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obras, DNIT, 2021). Nas obras de arte, a execução de estacas raiz apresentou rendimento 53 % inferior ao método inicial de estacas escavadas, em razão da elevada resistência do solo à escavação, composta por blocos e fragmentos de arenito silicificado.

O atraso em uma construção pode ser definido como o tempo excedido ou posterior à data de conclusão contratualmente estabelecida, ou além do prazo acordado entre as partes para a entrega do empreendimento (ASSAF; AL-HEJJI, 2006). De forma complementar, Agyekum-Mensah, Indekugri, Braimah e Gameson (2008) destacam que o atraso pode decorrer de qualquer ocorrência que afete o progresso do empreiteiro ou reduza a eficiência do trabalho. Essa conceituação aplica-se diretamente ao caso da Avenida João XXIII, onde a substituição de métodos executivos e a necessidade de replanejamento reduziram o rendimento das equipes e ampliaram o prazo global em aproximadamente 180 dias.

Essas reduções de produtividade estão em conformidade com os padrões relatados por Andrade (2020), que observou atrasos superiores a 20 % em obras que demandaram substituição

de fundações e adequação de métodos executivos durante a fase de execução. Além disso, a ampliação do prazo contratual afetou diretamente o fluxo de caixa e o custo de manutenção do canteiro, confirmando a correlação entre prorrogação temporal e aumento de despesa global já discutida por Campos e Zanchet (2018).

5.3. Aspectos técnicos e construtivos

As mudanças executivas adotadas mostraram que, apesar das limitações do projeto, a equipe conseguiu se adaptar de forma eficiente às condições reais de campo. A substituição de parte das estacas escavadas por estacas raiz configurou-se como uma decisão técnica acertada, considerando que o terreno apresentava camadas de elevada resistência, compostas por blocos e fragmentos de arenito silicificado, o que dificultava a perfuração convencional com trado contínuo.

Segundo Caputo (2011), “em solos com fragmentos de rocha ou em transição para o material de base, a perfuração com trado mecânico ou hélice contínua tende a ser ineficiente, recomendando-se o uso de estacas raiz ou escavações com circulação de lama estabilizadora.” Essa observação técnica confirma a adequação do método alternativo adotado, que, embora mais oneroso e demorado, proporcionou maior controle de verticalidade e segurança estrutural às cortinas laterais da trincheira.

O emprego do concreto jateado também se mostrou uma solução construtiva positiva, pois desempenhou dupla função: proteger as estacas contra a ação de intempéries e regularizar a superfície da cortina, favorecendo o acabamento e a estanqueidade da estrutura. De acordo com o DNIT (2020), esse tipo de revestimento é recomendado em obras urbanas sujeitas a longos períodos de exposição, especialmente em contenções de caráter permanente, como as trincheiras e passagens inferiores.

Essas adaptações demonstram que, mesmo diante de falhas de concepção e de omissões no projeto básico, houve capacidade de resposta técnica por parte da equipe executora e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), garantindo a continuidade dos serviços e a integridade estrutural prevista no projeto revisado. Além de corrigirem deficiências iniciais, as soluções aplicadas reforçam a importância de diagnósticos geotécnicos precisos e de revisões executivas em tempo oportuno, de modo a assegurar eficiência e segurança na execução de obras de arte especiais.

5.4. Discussão à luz da literatura e normas técnicas

Os resultados encontrados neste estudo estão em linha com o que a literatura técnica brasileira tem mostrado ao longo dos anos. Soibelman e Medeiros (2000), Souza e Melhado (2015) e Lichtenstein (2011) apontam que a falta de compatibilização entre projetos é uma das causas

mais frequentes de aditivos e retrabalhos em obras públicas. O próprio TCU (2022) reforça que as falhas de projeto são o principal motivo de atrasos e aumento de custos em empreendimentos federais.

No caso da obra da João XXIII, as revisões de projeto não foram causadas apenas por erros isolados, mas sim por problemas sistêmicos de planejamento, como:

- Ausência de compatibilização entre as disciplinas;
- Desatualização dos dados de sondagem;
- Lacunas entre o projeto geotécnico e o estrutural.

A NBR 6122 (2019) e o Manual de Obras de Arte Especiais (DNIT, 2020) ressaltam que o reconhecimento do subsolo deve subsidiar o dimensionamento e a escolha dos métodos de fundação e escavação, de forma a assegurar a viabilidade técnica e a segurança da estrutura. Quando isso não acontece, as revisões em obra acabam sendo inevitáveis e custosas.

Portanto, o comportamento observado na João XXIII se enquadra no mesmo padrão relatado por outros autores: quanto menor o investimento em planejamento técnico, maior o impacto em custo, prazo e eficiência construtiva.

5.5. Síntese interpretativa e lições aprendidas

O estudo evidenciou que as principais fragilidades do empreendimento estiveram ligadas à investigação geotécnica, à escolha do método executivo e à compatibilização entre fundações, contenções e drenagem. Essas falhas de projeto explicam boa parte dos acréscimos de prazo e de custo observados, pois obrigaram a rever soluções já em andamento, com impacto direto na organização do canteiro e na rotina da cidade. O caso mostra, de forma concreta, como decisões tomadas na etapa de projeto podem se transformar em atrasos, retrabalhos e necessidade de aditivos durante a obra.

A partir dessa análise, destacam-se algumas lições centrais:

- a importância de um projeto efetivamente integrado entre as diferentes disciplinas, discutido de forma conjunta antes da licitação;
- a necessidade de tratar, desde o planejamento, os riscos de escavação em área urbana, as limitações de método construtivo e as restrições ambientais e de vizinhança;
- o papel dos registros de obra (relatórios, medições, RPFO) como fonte de aprendizado para a própria Administração e para futuros projetos;
- a conveniência de aproximar a equipe de projeto da equipe de campo, reduzindo a distância entre quem projeta e quem executa.

Do ponto de vista da formação em Engenharia Civil, a análise desse caso aproximou a

teoria estudada na graduação da realidade do canteiro. Para o autor, foi possível compreender melhor que um detalhe aparente de desenho ou de memorial pode significar semanas a mais de serviço, equipes ociosas e desconforto para a população. Essa percepção reforçou a responsabilidade do engenheiro na fase de projeto e a necessidade de uma postura crítica, cuidadosa e ética diante das decisões técnicas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar os impactos das falhas de projeto na execução do rebaixamento da Avenida João XXIII, em Teresina-PI. A partir da leitura de documentos oficiais, cronogramas, termos aditivos e registros de campo, foi possível identificar que a necessidade de revisão de soluções geotécnicas, estruturais e de drenagem resultou em aumento aproximado de 9,9 % no valor do contrato e em prorrogação de 180 dias no prazo da obra. O caso reforça que a qualidade do projeto é um dos principais fatores que determinam o desempenho de um empreendimento de infraestrutura, tanto em termos técnicos quanto de custo e prazo.

Apesar das dificuldades enfrentadas, as medidas corretivas adotadas ao longo da execução permitiram a conclusão da obra com desempenho satisfatório, garantindo a funcionalidade da trincheira e contribuindo para a mobilidade no eixo da Avenida João XXIII. A experiência também evidencia que não basta “corrigir” em campo: é necessário que as lições sejam incorporadas aos próximos projetos, de forma a evitar a repetição dos mesmos problemas.

Como possibilidades para estudos futuros, sugerem-se:

- aplicar metodologia semelhante em outras obras do contorno rodoviário de Teresina ou em trincheiras executadas em contextos urbanos diferentes, permitindo comparações;
- avaliar o desempenho da obra em operação, considerando aspectos de manutenção, drenagem, segurança viária e conforto dos usuários;
- desenvolver pesquisas que incorporem a percepção de moradores e comerciantes do entorno, ampliando a análise técnica com a visão de quem convive diariamente com a intervenção;
- investigar, em estudos de caso comparativos, quanto a ampliação da etapa de projeto e de compatibilização poderia reduzir aditivos e prorrogações em obras públicas.

Espera-se que as reflexões apresentadas contribuam para o aprimoramento de futuros projetos e para a formação de profissionais mais atentos ao planejamento, à integração entre disciplinas e ao impacto que cada obra exerce sobre a cidade e sobre a vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

ANTERO, M. C. F.; REIS, C. D.; SILVA, T. D. A. E. Análise das causas de termos aditivos na execução de pequenas obras educacionais no Tocantins. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 2019, Palmas. *Anais...* Palmas: CONFEA/CREA, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Normas técnicas da ABNT: site institucional. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 22 set. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 dez. 1997.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012.

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.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Gestão. Instrução Normativa SEGES/ME nº 12, de 10 de janeiro de 2022. Dispõe sobre os Estudos Técnicos Preliminares nas contratações públicas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jan. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. Diretrizes Nacionais para a Política de Mobilidade Urbana Sustentável. Brasília: Ministério das Cidades, 2018.

BRASIL. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Obras públicas: recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas. 4. ed. Brasília, DF: TCU, 2014.

BRASIL. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Fiscobras 2018: fiscalização de obras públicas pelo TCU. 22. ano. Brasília, DF: TCU, 2018.

CAMPOS, L.; ZANCHET, R. Gestão pública e eficiência contratual em obras de infraestrutura. Brasília: ENAP, 2018.

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CARVALHO, P.; PEREIRA, S. Planejamento urbano e soluções corretivas: um estudo sobre infraestrutura viária. Recife: UFPE, 2023.

CASTRO, F.; ARAÚJO, J. Auditoria de obras públicas: causas e impactos dos aditivos contratuais. Brasília: TCU, 2019.

COLPO, I. B. et al. Atrasos na execução das obras públicas: estudo em uma instituição federal de ensino superior. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 18, n. 4, p. 1322-1343, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa de Mobilidade Urbana 2024. Brasília: CNT, 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Obras de Arte Especiais – DNIT 010/2020. Rio de Janeiro: DNIT, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit>. Acesso em: 12 ago. 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Manual de Drenagem Urbana e Rodoviária – DNIT 020/2020. Rio de Janeiro: DNIT, 2020.

FERREIRA, A.; VASCONCELLOS, E. A. Infraestrutura e mobilidade urbana. São Paulo: Contexto, 2013.

FORMOSO, C. T.; REIS, J.; MESQUITA, M. Gestão de perdas na construção civil. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/norie>. Acesso em: 26 ago. 2025.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Infraestrutura social e urbana no Brasil: subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2010.

MELHADO, S. B. Coordenação e compatibilização de projetos de edificações. São Paulo: EPUSP, 1994.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU-Habitat). Nova Agenda Urbana. Quito: ONU-Habitat, 2016. Disponível em: <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>. Acesso em: 11 nov. 2025.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. Urban mobility in Brazil: trends, inequalities, and policy challenges. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, v. 10, p. 100427, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100427>.

PROJET MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Guia PMBOK: Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 6. ed. Newtown Square: PMI, 2017.

SOIBELMAN, L.; MEDEIROS, R. Gestão da qualidade e das informações na construção de edifícios públicos. Porto Alegre: ANTAC, 2000.

TERESINA. Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (STRANS). Relatório de Mobilidade Urbana de Teresina – 2022. Teresina: STRANS, 2022.

TAVARES, C. A. Infraestrutura e desenvolvimento urbano sustentável. Fortaleza: UFC, 2024.

TOMTOM. TomTom Traffic Index 2023. Amsterdam: TomTom International BV, 2023. Disponível em: <https://www.tomtom.com/traffic-index/>.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). Relatório de Obras Públicas Federais: principais causas de atrasos e sobrecustos. Brasília: TCU, 2022.

VASCONCELLOS, E. A. Mobilidade urbana: espaço e transporte nas cidades. São Paulo: Contexto, 2014.

WERNER, D.; BRANDÃO, C. Infraestrutura e produção social do espaço: anotações sobre suas principais mediações teóricas. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, v. 15, n. 5, p. 287-301, set./dez. 2019.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.