



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3 – Projetos de sistemas de transporte e seus subsistemas;
inovação tecnológica; aprimoramento de técnicas de implantação, operação e
manutenção de sistemas de transporte, planejamento e concepção de
sistemas.

ESTUDO DE CASO DE UMA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM BIM



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escaneamento a laser da estação ferroviária	9
Figura 2 - Nuvens de pontos do escaneamento a laser	9
Figura 3 - Estação ferroviária existente modelada	10
Figura 4 - Fases do projeto e da implantação da obra	12
Figura 5 - Fase 1 do projeto e da implantação da obra.....	13
Figura 6 - Fase 2 do projeto e da implantação da obra.....	14
Figura 7 - Fase 3 do projeto e da implantação da obra.....	15
Figura 8 - Fase 4 do projeto e da implantação da obra e transição para a Fase 5	16
Figura 9 - Fase 5 do projeto e da implantação da obra e transição para a Fase 6	17
Figura 10 - Estudo Preliminar na alternativa 1	19
Figura 11 - Estudo Preliminar na alternativa 2	20
Figura 12 - Projeto de Arquitetura e áreas disponíveis para o Sistema Fotovoltaico	23
Figura 13 - Dimensionamento técnico do Sistema Fotovoltaico.....	24
Figura 14 - Imagens do projeto de estrutura de concreto da estação ferroviária	26
Figura 15 - Imagens do projeto de estrutura metálica da estação ferroviária	27
Figura 16 - Imagens do projeto de iluminação da estação ferroviária	28
Figura 17 - Rotinas Dynamo para configuração de parâmetros do SIEC nos modelos BIM .	32
Figura 18 - Rotinas Dynamo para a criação de parâmetros em elementos BIM.....	33
Figura 19 - Rotina Dynamo para atualizar informações do SIEC nos elementos BIM	33
Figura 20 - Rotina Dynamo para obter uma estimativa orçamentária simples	34
Figura 21 - Imagem do software de orçamento, planejamento e faseamento de obras	35
Figura 22 - Imagens da estação ferroviária no uso BIM de Comunicação Visual.....	36
Figura 23 - Imagens da estação ferroviária no uso BIM de Gestão de Ativos.....	38



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	2
1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	5
3. CONTEXTUALIZAÇÃO BIM E DIAGNÓSTICO	5
4. CONCEITOS, DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	8
CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

1. INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção, traduzido do inglês *Building Information Modeling* (BIM), é a principal metodologia escolhida atualmente para a elaboração de projetos em diferentes disciplinas, tais como Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidrossanitárias, Elétricas e Mecânicas.

A utilização da metodologia BIM atende ao decreto federal nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil - Estratégia BIM BR.

A gestão de um ativo por todo o seu ciclo de vida, aqui representado por um empreendimento ferroviário, é perfeitamente possível por meio da metodologia BIM e considera dimensões tais como modelagem paramétrica, planejamento e faseamento de obra, orçamento, Sustentabilidade e gestão da operação e da manutenção.

A interoperabilidade de softwares e ferramentas tecnológicas, aliada ao conhecimento técnico das equipes multidisciplinares e à capacidade administrativa dos gestores BIM, permitem um ambiente amplamente colaborativo e apto para a gestão de ativos.

O maior tempo dispendido na elaboração de um projeto utilizando a metodologia BIM em relação ao conceito tradicional por meio de softwares CAD resulta em maior assertividade na compatibilização entre as disciplinas de projetos e em menor tempo de execução de obras. Além disso, o gerenciamento de informações de um ativo considera o conceito gêmeo digital,



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

onde o empreendimento completo construído é representado digitalmente para estabelecer uma conexão entre o mundo físico e o ambiente virtual em que vivemos e trabalhamos.

O escopo do projeto a ser apresentado neste artigo técnico foi a reforma e a adequação da estação ferroviária em termos de Acessibilidade (NBR 9050), da Norma Regulamentadora nº 24 - Instalações sanitárias e de conforto nos locais de trabalho, e da obtenção do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo técnico é apresentar o estudo de caso para o projeto de uma estação ferroviária desenvolvido por meio da metodologia BIM e considerando as dimensões 3D, 4D, 5D, 6D e 7D.

Ao mesmo tempo, trabalhos colaborativos tais como o projeto a ser apresentado neste artigo técnico, visam engajar a utilização da metodologia BIM na elaboração de projetos de edificações e de infraestrutura. O atendimento ao decreto federal nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024, segue no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil - Estratégia BIM BR, e é uma maneira de demonstrar a capacidade de um órgão público para gerir mais eficiente os investimentos para a sociedade.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO BIM E DIAGNÓSTICO

A metodologia BIM tem convencido o mercado de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) para o gerenciamento de projetos, obras, operação e manutenção das



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

construções, bem como demolições e destinação de resíduos de forma sustentável. A informação é a base da metodologia, pois ela está presente em todo o ciclo de vida da construção. Ao longo da elaboração de um determinado projeto é possível inserir informações de diferentes naturezas e para diversos fins, como por exemplo, atender ao uso BIM de orçamentação, vinculado ao uso BIM de planejamento e faseamento de obra, o que permite gerar um cronograma físico-financeiro para a execução da obra do empreendimento. Ao mesmo tempo, é possível inserir informações nos modelos (gêmeos digitais) aderentes ao uso BIM de gestão de ativos e trazer ao fluxo de elaboração de projetos o conceito de Engenharia Simultânea, onde os clientes do empreendimento são informados e consultados, e colaborativamente são definidas as características para se alcançar a melhor operacionalidade e gestão do empreendimento. Neste sentido, são consideradas as melhores soluções técnicas e preferencialmente as de melhores conceitos sustentáveis, tais como elementos que demandem baixa manutenção, que possuam baixo consumo energético, sejam mais eficientes quanto à utilização de recursos naturais e de menor pegada ecológica etc.

A elaboração do projeto de um empreendimento considera a modelagem paramétrica das disciplinas de projetos, tanto por meio de parâmetros geométricos que moldam graficamente os elementos e apresentam as características dimensionais construtivas, quanto por parâmetros puramente alfanuméricos. Estes últimos trazem informações relacionadas aos materiais característicos dos elementos, os códigos dos serviços de alguma base de custos do mercado, as descrições dos serviços, as unidades de medição dos serviços para acompanhar



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

a evolução físico-financeira da obra e após isso efetuar os devidos pagamentos à empresa contratada, os custos unitários destes serviços para efeitos de orçamentação e de pagamento, as características mínimas para realização de simulações energéticas voltadas à Sustentabilidade, as datas de manutenções efetuadas e as próximas datas para manutenções preventivas ou preditivas, as vigências de garantias, os nomes de fabricantes e de fornecedores de equipamentos, sistemas etc.

A atualização das informações dentro dos modelos/projetos ocorre prioritariamente de modo automatizado com a utilização de um ambiente de programação visual, agregando dinamismo à elaboração dos projetos e eliminando os processos manuais e repetitivos. Neste sentido, é feita uma correlação com o conceito *Lean*, muito conhecido para *Lean Manufacturing*, porém contemporaneamente usado em *Lean Office* e *Lean Construction*. A exportação de informações dos modelos para planilhas Excel permite o monitoramento das disciplinas de projetos e propicia a rastreabilidade dos elementos BIM.

Após a modelagem e a parametrização dos elementos nos modelos, e realizada a compatibilização entre as disciplinas de projetos com a geração do modelo federado para o empreendimento (3D), o fluxo de trabalho em BIM continua por meio da representação visual do avanço físico-financeiro da execução da obra (4D) e pelo processo de orçamentação (5D), utilizando rotinas Dynamo em programação visual ou um outro software adquirido junto ao mercado. Sustentabilidade (6D) é um tema já considerado durante a elaboração dos projetos.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A gestão do ativo nas fases de operação e de manutenção (7D) é possibilitada por um software recentemente adicionado ao mercado AECO.

4. CONCEITOS, DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O primeiro uso BIM considerado no fluxo de trabalho de projetos foi o levantamento de condições existentes. A utilização do escaneamento a laser permitiu a digitalização da edificação existente por meio de nuvens de pontos e modelagem paramétrica 3D. As informações adicionais, como por exemplo, o cadastro de redes de concessionárias ligadas às empresas responsáveis por água, esgoto, energia elétrica, combustíveis etc., foram coletadas em campo por equipe específica da própria CPTM e equiparadas a cadastros de alguma contratação já realizada anteriormente com o mesmo propósito.

A contratação de um levantamento feito por drone para a obtenção da nuvem de pontos se mostrou insuficiente, trazendo como uma lição aprendida a real necessidade da combinação deste método com o escaneamento a laser terrestre. Portanto, como uma solução para se contornar a imprecisão que foi constatada, foi adotado também o escaneamento a laser terrestre em conjunto com o levantamento topográfico tradicional, o convencional. O produto completo entregue pela empresa contratada foi a estação ferroviária modelada em suas condições atuais, qualificando a fase existente da edificação. Após isso, foi elaborado o Projeto Básico de reforma e readequação.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 1 apresenta fotos retiradas do processo de escaneamento a laser da estação ferroviária para a obtenção de uma das nuvens de pontos.



Figura 1 - Escaneamento a laser da estação ferroviária

A Figura 2 apresenta imagens da estação ferroviária e de seu entorno considerando as nuvens de pontos obtidas a partir de escaneamento a laser por meio de drone e de equipamento terrestre.

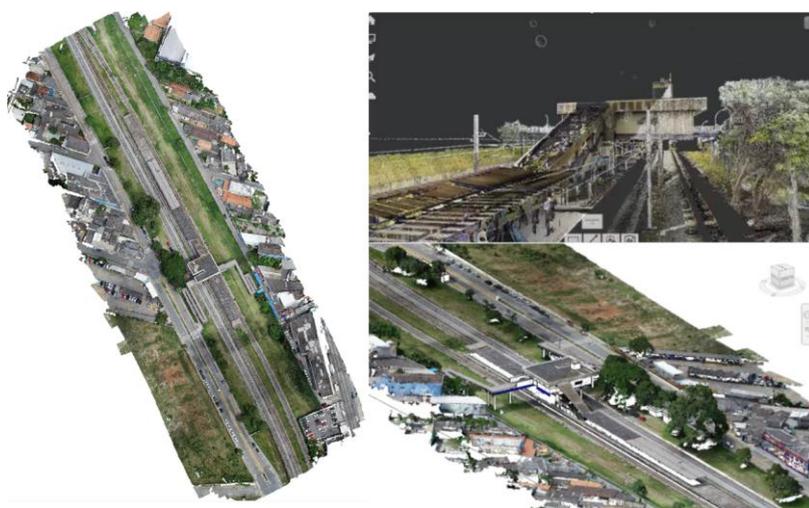


Figura 2 - Nuvens de pontos do escaneamento a laser

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 3 apresenta imagens da estação ferroviária existente modelada a partir das nuvens de pontos.

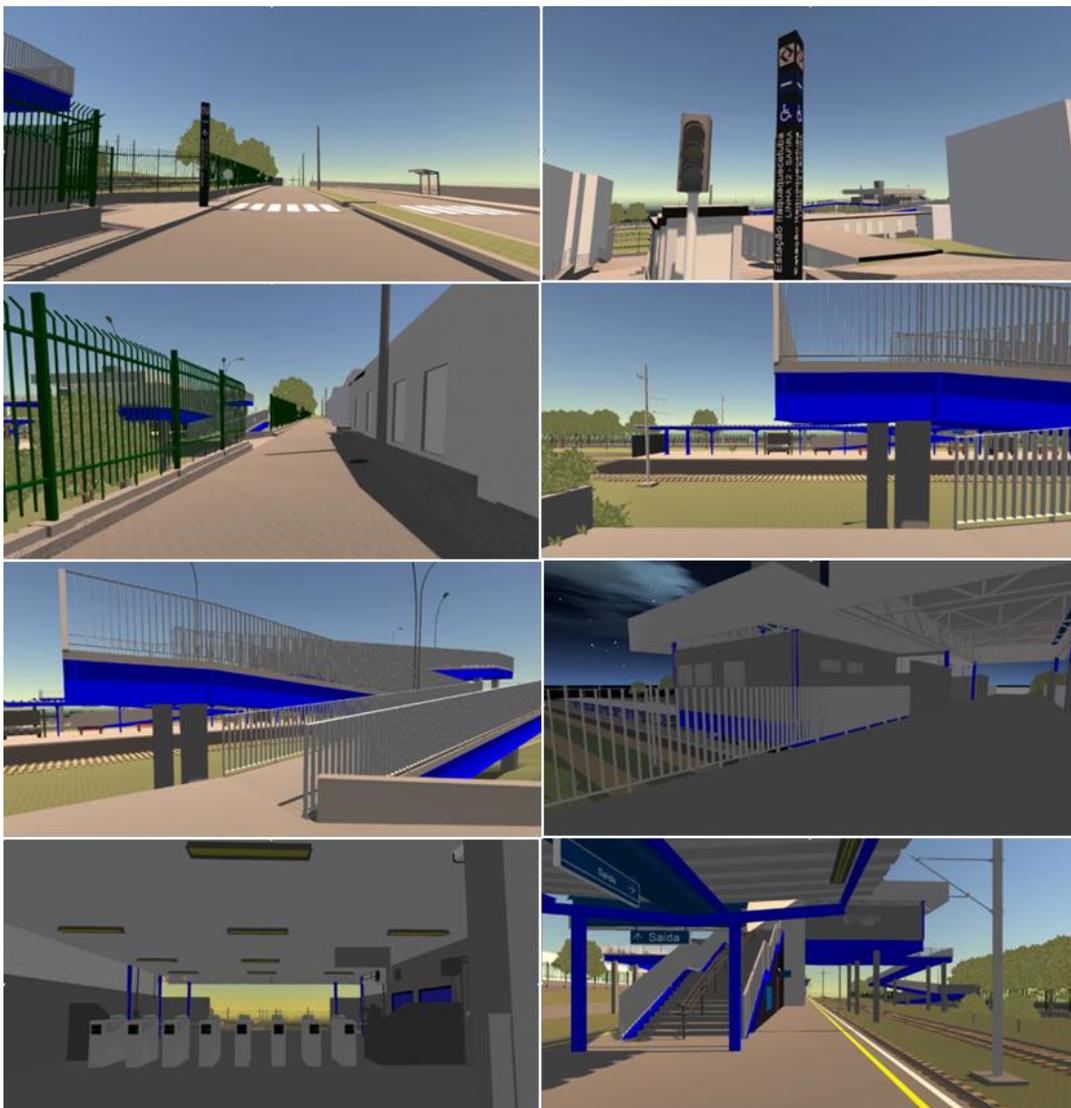


Figura 3 - Estação ferroviária existente modelada

A modelagem da edificação existente requer grande conhecimento do modelador sobre o software de modelagem e exige sua habilidade na interpretação dos milhões de pontos das nuvens para a construção dos elementos. Os elementos modelados são agrupados na fase



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

“Existente” do software e fazem a segregação em relação às demais fases do projeto e de obra, sendo que para essa estação ferroviária foram definidas seis fases. A divisão em fases se tornou necessária para este projeto devido a estação ferroviária sofrer intervenção de obras mesmo em condições de total operacionalidade. As fases receberam nomes simplesmente enumeradas de 1 a 6, ou seja, da Fase 1 a Fase 6, e todas as disciplinas de projetos adotaram este procedimento de modo a constituir o planejamento, o faseamento e o método construtivo para a obra do empreendimento. Sendo assim, o segundo uso BIM está caracterizado, o que nos remete ao 4D.

A Figura 4 apresenta imagens referente às fases do projeto e da implantação da obra obtidas no próprio modelo nativo autoral de modelagem.

A Figura 5 apresenta imagens da Fase 1 do projeto e da implantação da obra. Nesta ocasião foi utilizado um software openBIM mais bem desenvolvido em comparação ao software nativo em relação a apresentações de faseamentos de obras e métodos construtivos. As figuras enumeradas de 6 a 9 apresentam as Fases de 2 a 6.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

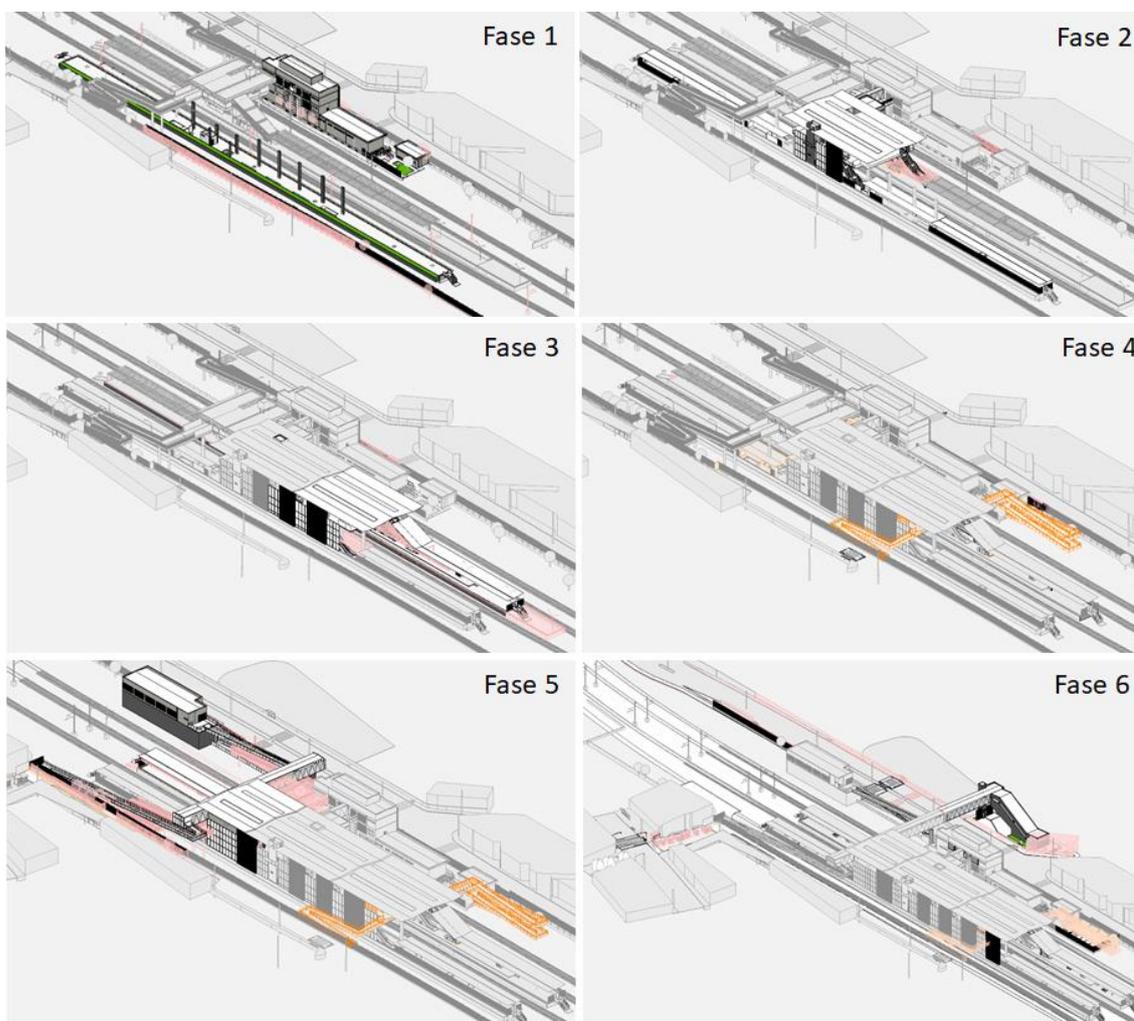


Figura 4 - Fases do projeto e da implantação da obra

As sugestões de melhorias para este uso BIM são correlacionadas a um cronograma físico-financeiro e a utilização de uma linha de balanço. Existe um software para simular a etapa executiva do empreendimento que envolve tanto a equipe de projetos quanto a equipe de obras. Desenvolvendo esse trabalho de forma colaborativa é possível chegar em ótimos resultados para a implantação do empreendimento de modo que seja perfeitamente acompanhada a evolução físico-financeira da obra. Além disso, um outro software possui a

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

capacidade de utilizar a técnica de planejamento e controle chamada linha de balanço, que permite gerenciar uma obra dentro do prazo e de forma organizada, balanceando custo, prazo e recursos que o gestor de obras possui.

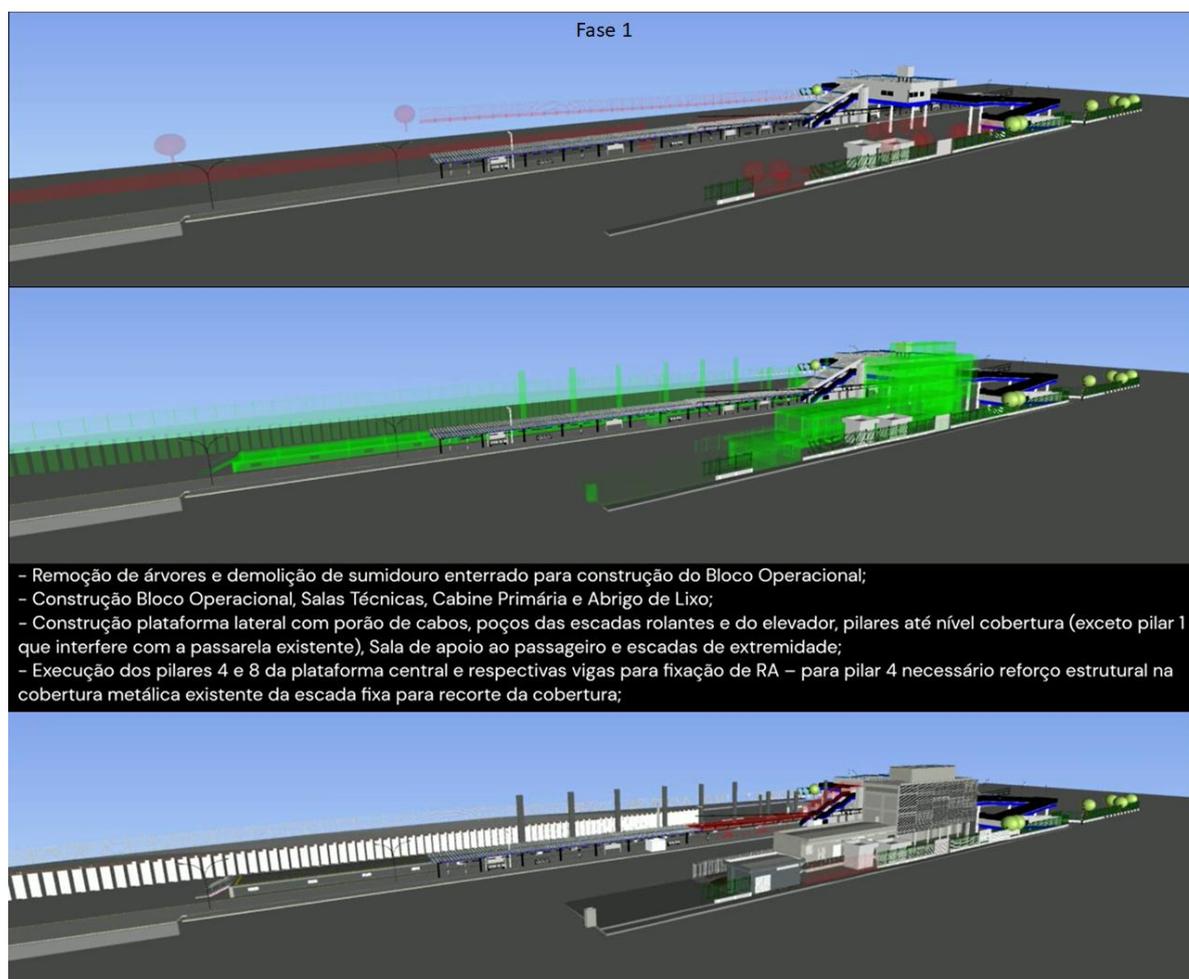


Figura 5 - Fase 1 do projeto e da implantação da obra

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

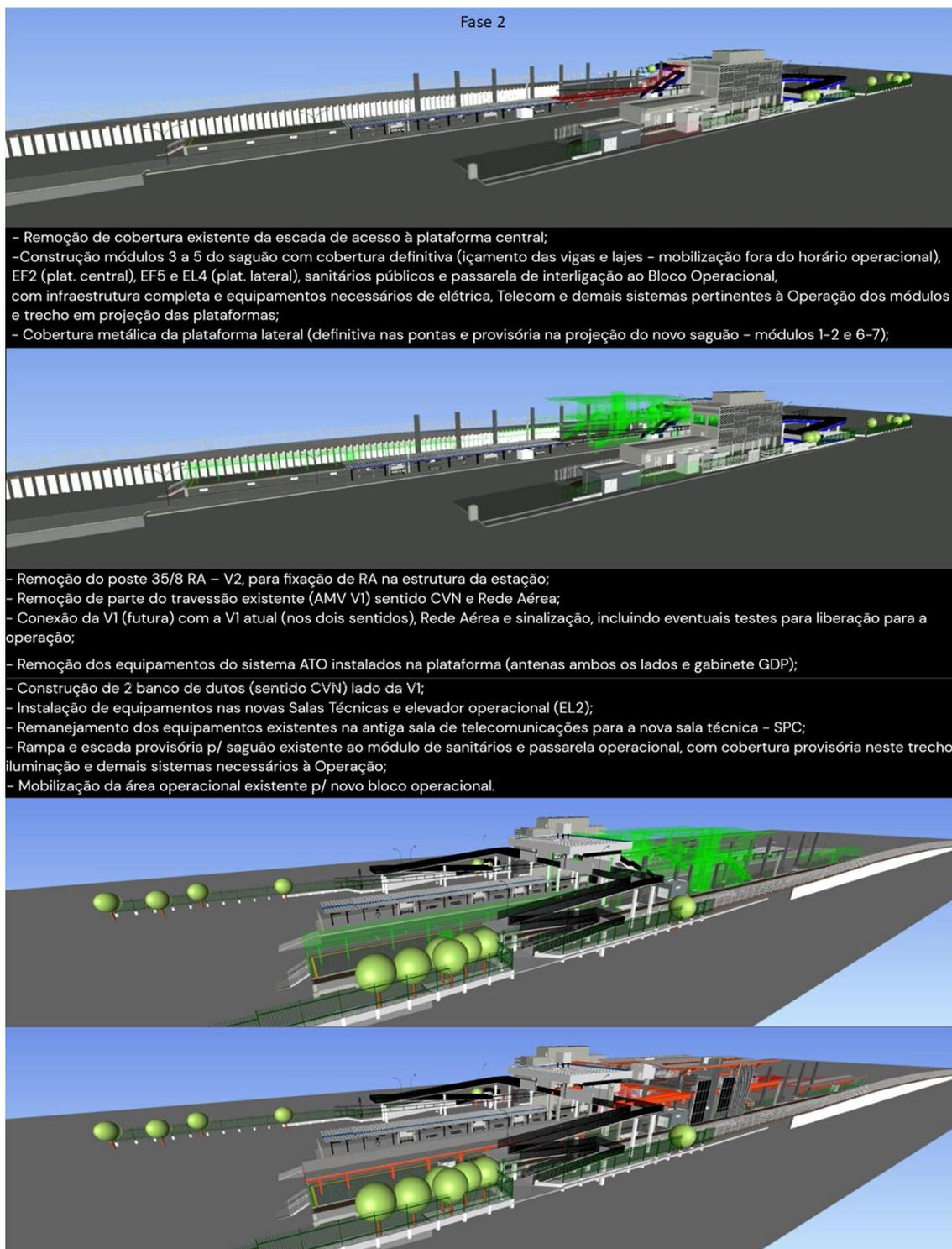


Figura 6 - Fase 2 do projeto e da implantação da obra

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

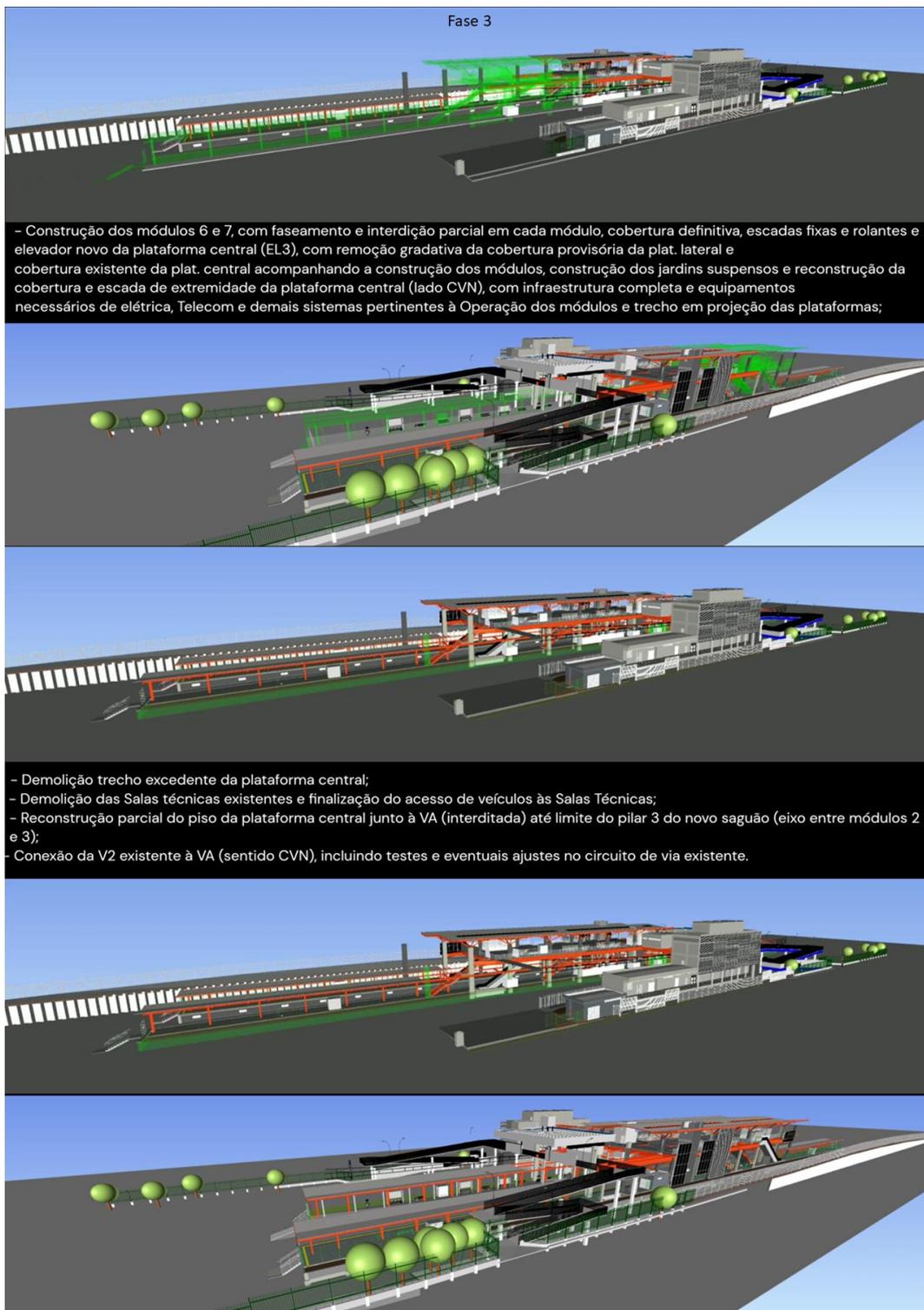


Figura 7 - Fase 3 do projeto e da implantação da obra

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

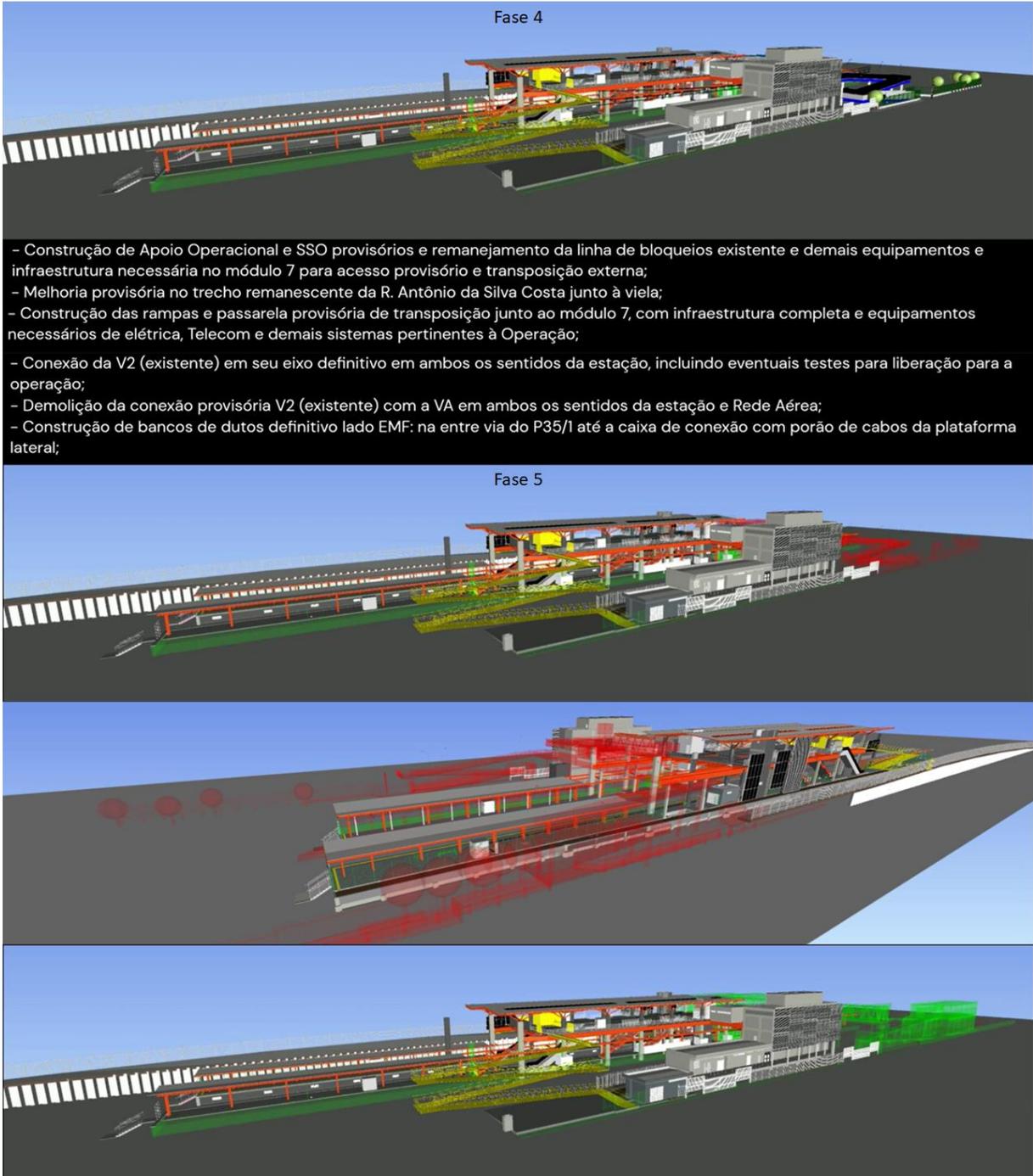
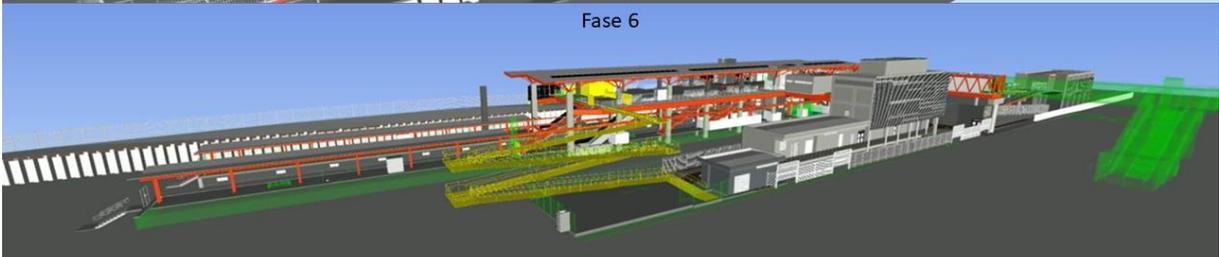
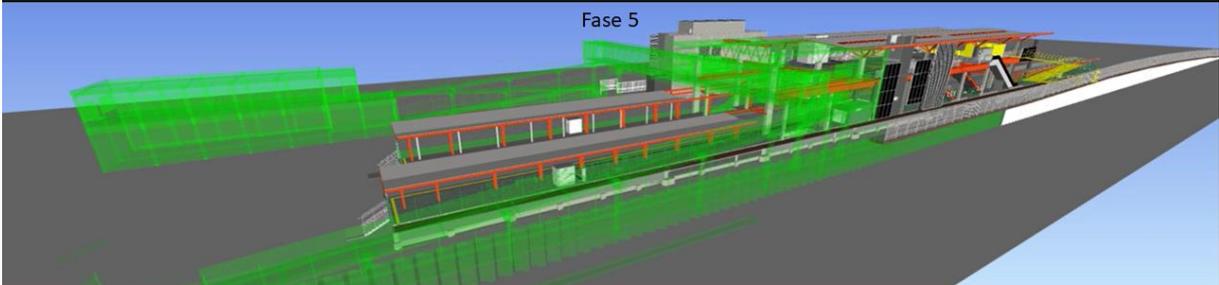


Figura 8 - Fase 4 do projeto e da implantação da obra e transição para a Fase 5

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Construção da nova passarela até limite patrimonial CPTM, novas rampas (acessos B e C) e conjunto do Bicletário, com infraestrutura completa e equipamentos instalados;
- Reconstrução trecho faltante do piso da plataforma central junto à VA (fora do horário operacional);
- Instalação Sistema Fotovoltaico completo;
- Reinstalação definitiva dos equipamentos do sistema ATO nas plataformas (antenas e gabinete GDP);
- Execução trecho faltante do muro de contenção da R. Antônio da Silva Costa até viela, calçada e gradil de fechamento até final da rua.



- Remoção da linha de bloqueios, infraestrutura e todos os equipamentos provisórios no módulo 7 do saguão;
- Demolição completa do acesso provisório (rampas e passarela);
- Execução do viário interno até cabine seccionadora existente;
- Adequações do entorno (calçadas, baía de embarque/desembarque, travessias, viela);
- Construção do estacionamento de funcionários, incluindo infraestrutura e equipamentos de SVM e demais instalações e sistemas necessários;
- Construção completa da extensão da passarela e Acesso A - terminal (condicionado à construção do Terminal Rodoviário pela Prefeitura);
- Desmobilização de canteiro de obras.

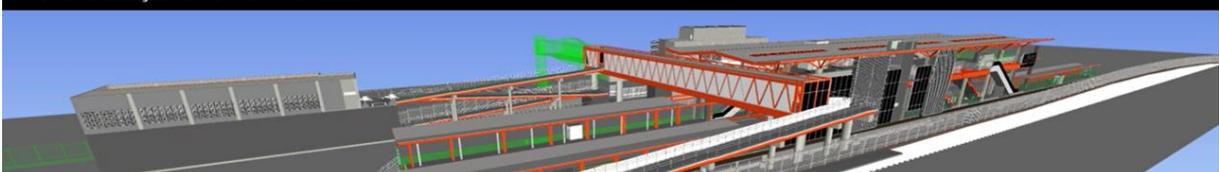


Figura 9 - Fase 5 do projeto e da implantação da obra e transição para a Fase 6



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O terceiro uso BIM vivenciado no projeto envolveu o estudo de alternativas e de viabilidade considerando o escopo do projeto. Conforme já informado anteriormente neste artigo técnico, o escopo deste projeto foi a reforma e a adequação da estação ferroviária em termos de Acessibilidade (NBR 9050), da NR nº 24 - Instalações sanitárias e de conforto nos locais de trabalho, e da obtenção do AVCB. Nesta ocasião, as propostas de projetos foram modeladas em conformidade com o escopo definido e posteriormente apresentadas às equipes de operação, de manutenção e de implantação de obras da empresa. Esta etapa de Estudo Preliminar em meio a duas alternativas de projeto apresentadas, considerou o apontamento de melhorias operacionais à estação, bem como otimizações para a manutenção de elementos e definições para a composição do método construtivo.

Após a aprovação de uma alternativa dentre as duas alternativas elaboradas para o Estudo Preliminar, foi dada sequência na elaboração do projeto da estação ferroviária e então passou a ser desenvolvido o Projeto Básico.

A Figura 10 apresenta imagens do Estudo Preliminar em sua primeira alternativa para possível prosseguimento com o Projeto Básico.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

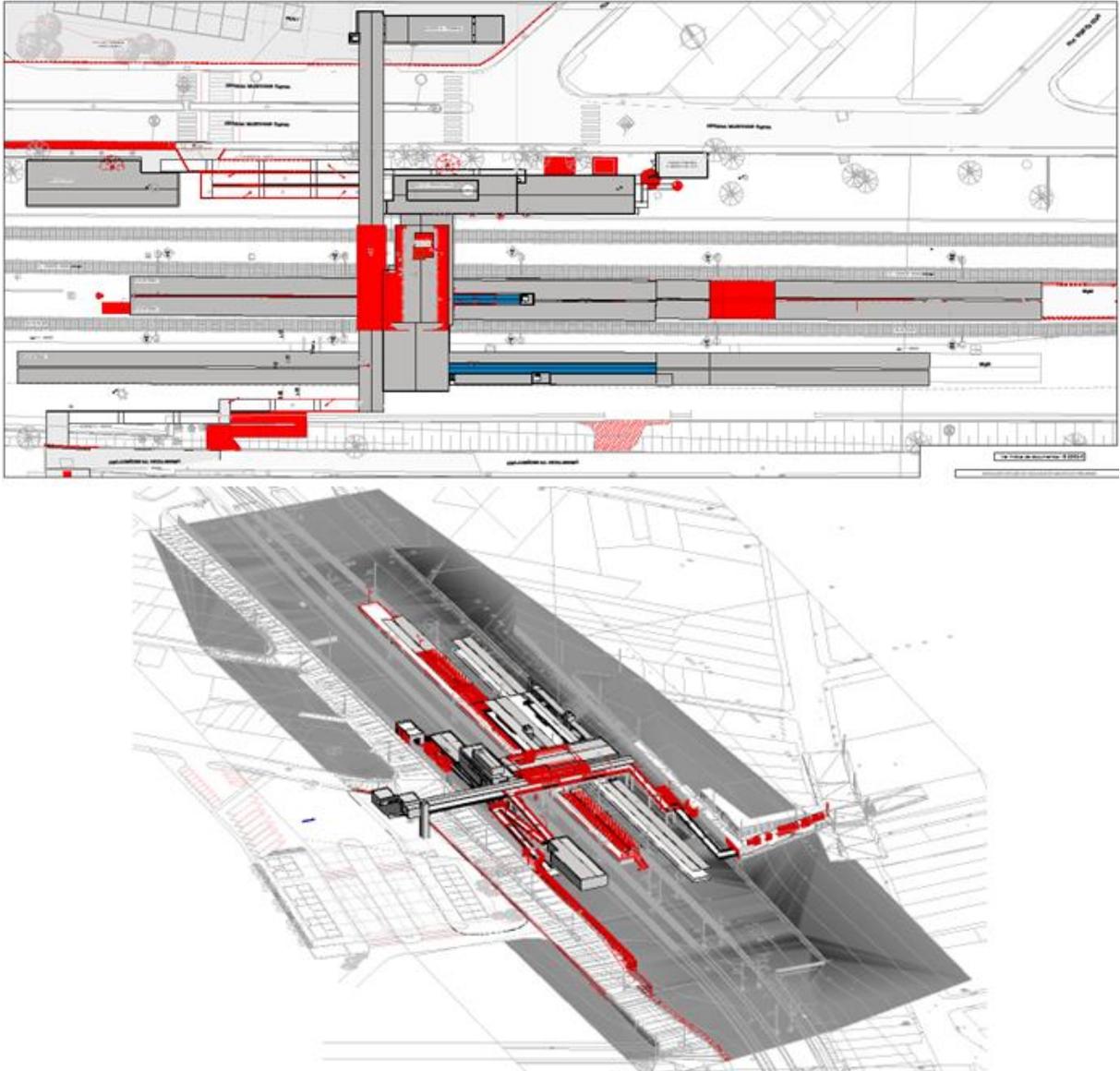


Figura 10 - Estudo Preliminar na alternativa 1

A Figura 11 apresenta imagens do Estudo Preliminar em sua segunda alternativa para possível prosseguimento com o Projeto Básico.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

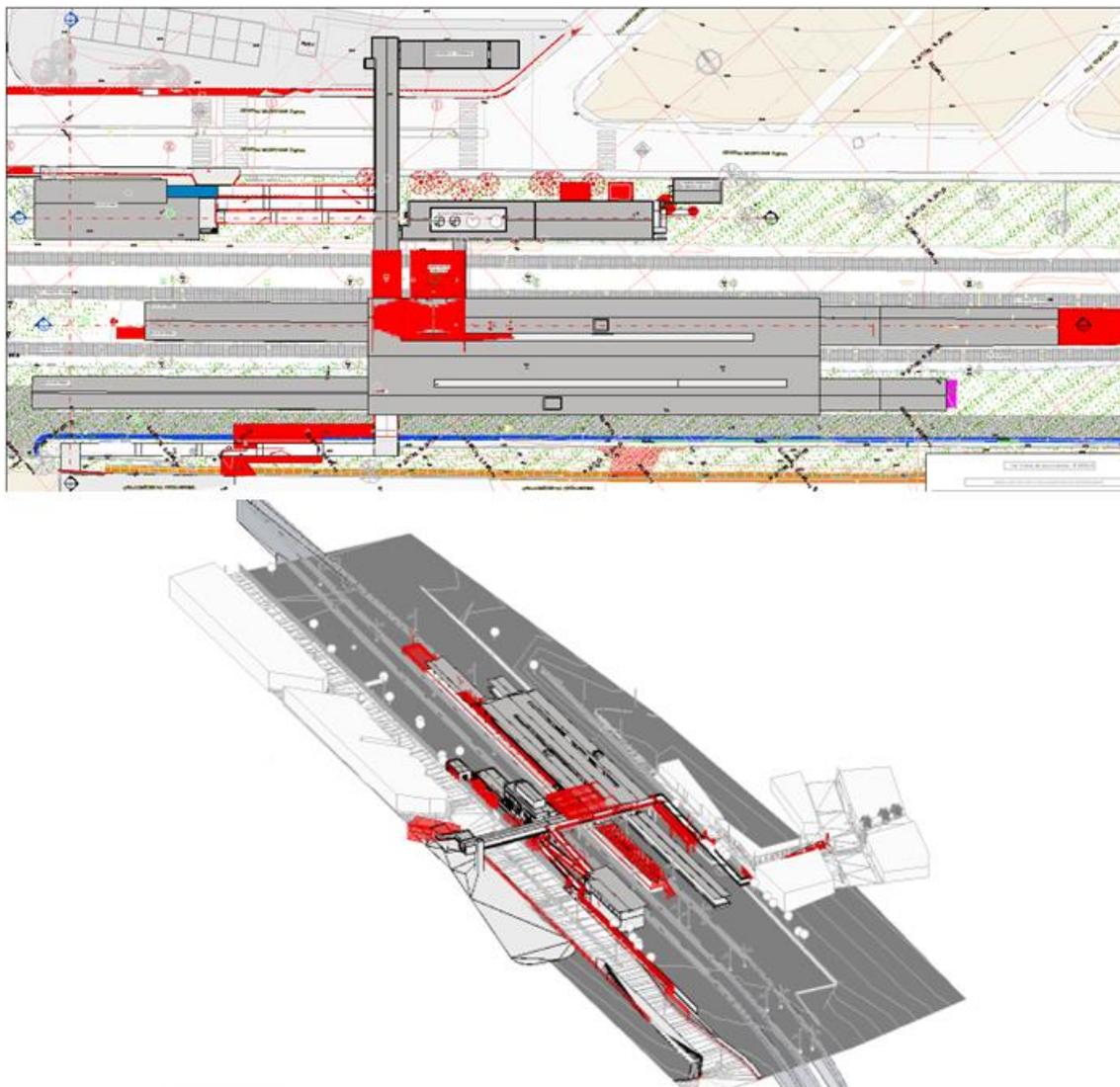


Figura 11 - Estudo Preliminar na alternativa 2

O quarto uso BIM presente no projeto consistiu na adoção de conceitos sustentáveis que caracterizam a dimensão 6D. A disciplina de Arquitetura, Paisagismo e Urbanização adota intrinsecamente os conceitos sustentáveis em seus projetos e para isso faz uso de um documento composto por diretrizes, requisitos e especificações técnicas. Dentre todas as



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

características existentes no documento, são destacadas a seguir as principais considerações a respeito de Sustentabilidade.

Tendo como premissa o terreno onde será implantada a edificação, a fim de obter uma edificação sustentável, deverão ser foco de análise questões como iluminação natural, calefação e resfriamento passivos, redução do escoamento pluvial superficial e seu aproveitamento e qualidade acústica do ar. Da mesma forma, os ciclos de vida dos materiais e os sistemas construtivos empregados devem ser avaliados visando facilidade de reposição, a redução no tempo de manutenção e menor pegada ecológica. CPTM, DEPE (2024)

Internalização dos aspectos ambientais e de território (diagnóstico social e inserção urbana, áreas contaminadas, vegetação, recursos hídricos, patrimônio histórico, cultural e arqueológico, ruídos e vibrações, resíduos e efluentes e eventuais necessidades de desapropriação) minimizando os impactos negativos e potencializando os impactos positivos relacionados aos aspectos ambientais e de território. Para o desenvolvimento dos estudos ambientais, deverão ser solicitadas as diretrizes específicas para área de meio ambiente da CPTM. CPTM, DEPE (2024)

Considerando adequação ao terreno, devem ser levados em consideração a inserção ao meio urbano, a legislação aplicável, a retenção de águas pluviais e paisagismo eficiente (Infraestrutura Verde). Além disso, priorizar a utilização de estratégias passivas na elaboração do projeto da edificação (orientação, forma e definição das aberturas do edifício para capturar e controlar ganhos solares). Em respeito e proteção da fauna, prever soluções de fachada que evitem choque de aves nos vidros. Quanto a eficiência no consumo de água, devem ser considerados o aproveitamento de água pluvial e mecanismos de redução de consumo e controle individualizado por áreas do complexo, como por exemplo, as áreas comerciais e sanitários eficientes. Devem ser previstos reservatórios e aproveitamento das águas pluviais para usos onde não há necessidade de potabilidade, como bacias sanitárias, jardins e lavagens de piso. Já em relação a eficiência no consumo de energia, deve ser priorizada a



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

utilização de iluminação e de ventilação naturais em todos os ambientes das estações/edificações, bem como vedações eficientes para o controle da transmitância de energia do meio externo para o interior da edificação. Além disso, devem ser evitadas pontes térmicas e favorecer ambientes com ventilação cruzada. Referente a materiais e reuso, deve ser realizada a avaliação do ciclo de vida e da pegada ecológica dos materiais a serem utilizados na construção da edificação, visando a redução do consumo de CO₂. Alguns exemplos benéficos são utilizar materiais certificados (no caso de uso de madeira, usar sempre madeira certificada), uso de materiais regionais diminuindo distância de transporte (redução na emissão de CO₂), preferência por materiais reciclados e/ou recicláveis. Uso preferencial de materiais de construção de menor impacto ambiental e adoção de fontes renováveis de energia. Fazer uso de racionalização quanto à modulação do uso dos materiais e revestimentos, de forma a se evitar desperdícios. Outros aspectos considerados são a especificação de telhado em cor clara e/ou cobertura vegetal, quando possível, ao mesmo tempo que considerar a orientação solar e uma preferência por fachada naturalmente ventilada. Em atendimento às normativas e legislações ambientais vigentes, contemplar soluções tecnológicas e de engenharia que gerenciem e destinem corretamente os resíduos da construção civil e principalmente os resíduos perigosos com probabilidade de contaminação do meio ambiente. Referente a solo e drenagem, considerar a maximização por áreas permeáveis por meio de biorretenção no Paisagismo (Infraestrutura Verde) e pisos drenantes sempre que possível nas áreas externas. E é fundamentalmente comprovada a necessidade de se evitar ao máximo os cortes de árvores e a proteção de matas nativas. (CPTM, DEPE, 2024)

Outra adoção sustentável observada no projeto foi a utilização de placas fotovoltaicas nas áreas de coberturas da estação. Neste sentido, houve um estudo de máximo aproveitamento de áreas para a captação de energia solar e um determinado software foi a ferramenta que permitiu os dimensionamentos e a caracterização do sistema projetado. O software permite a modelagem de volumes destinados a estudos de massas e, portanto, a projetista coletou as

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

dimensões arquitetônicas da estação e as replicou dentro do software, fazendo logo em seguida o dimensionamento técnico do sistema fotovoltaico. Após o dimensionamento técnico foi realizada a modelagem do sistema fotovoltaico no software BIM autoral em compatibilização com as demais disciplinas de projetos.

A Figura 12 apresenta imagens do projeto de Arquitetura da estação ferroviária retiradas a partir do software autoral de modelagem e são destacadas as regiões de coberturas com áreas disponíveis para o dimensionamento técnico do Sistema Fotovoltaico.

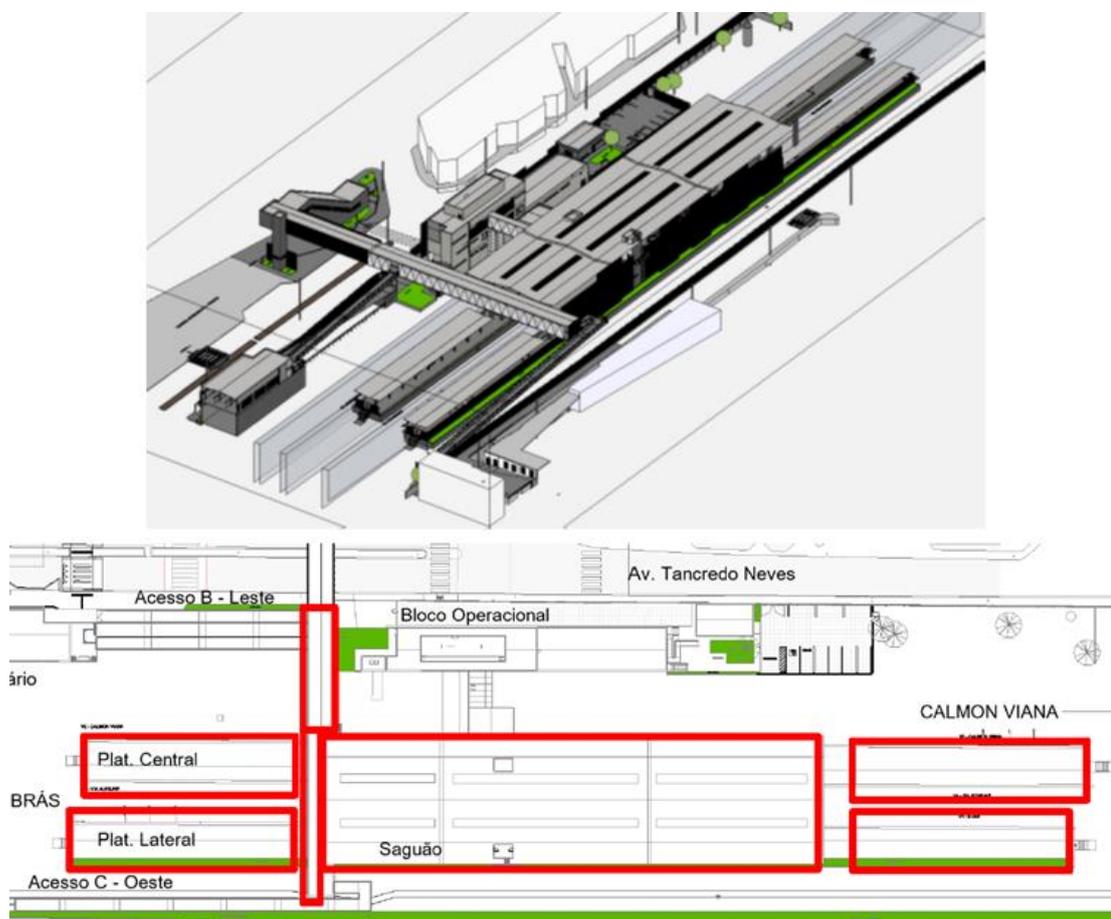


Figura 12 - Projeto de Arquitetura e áreas disponíveis para o Sistema Fotovoltaico

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 13 apresenta imagens retiradas do software utilizado para realizar o dimensionamento técnico do Sistema Fotovoltaico.



Figura 13 - Dimensionamento técnico do Sistema Fotovoltaico

O quinto uso BIM presente no projeto é a Análise Estrutural. Os projetos referentes à estrutura de concreto e à estrutura metálica foram elaborados em softwares openBIM. Para isso, foi considerada a planta arquitetônica extraída do software BIM autoral de Arquitetura e criada uma máscara para utilização no software de análise estrutural. Ao mesmo tempo em que houve a elaboração técnica dos projetos de estruturas foi obtida a própria modelagem dos elementos em consonância com os cálculos e as análises estruturais providenciadas pelo próprio software. A obtenção conjunta entre software e projetista da aprovação estrutural para a edificação finalizou os projetos estruturais e demandou a exportação dos modelos estruturais por meio de arquivos em formato aberto para compartilhamento. A



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

interoperabilidade entre dois softwares BIM aqui se fez visível e os projetistas puderam vivenciar a experiência de estabelecer um canal de comunicação entre softwares de diferentes proprietários. Para isso, eles precisaram mapear parâmetros, ou atributos, definir coordenadas de exportação e importação, e converter os elementos do software técnico de Estruturas para o padrão aceitável do software BIM autoral de modelagem.

Após toda a configuração realizada obteve-se a modelagem estrutural por completa para a edificação, em um formato compatível com as demais disciplinas de projeto. Um ponto de observação para os dimensionamentos das estruturas foi subdividir a análise estrutural por regiões da estação ferroviária, ou denominadas unidades construtivas, como por exemplo, Salas Técnicas, Saguão, Plataforma Central etc. Ao final dos dimensionamentos técnicos foi realizada a integração entre os componentes individualizados por unidades construtivas e criado um modelo único para os projetos estruturais. Foram obtidos então um modelo BIM para estrutura de concreto e um modelo BIM para estrutura metálica.

A Figura 14 apresenta imagens retiradas do software utilizado para realizar o dimensionamento e a análise estrutural do projeto de estrutura de concreto.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

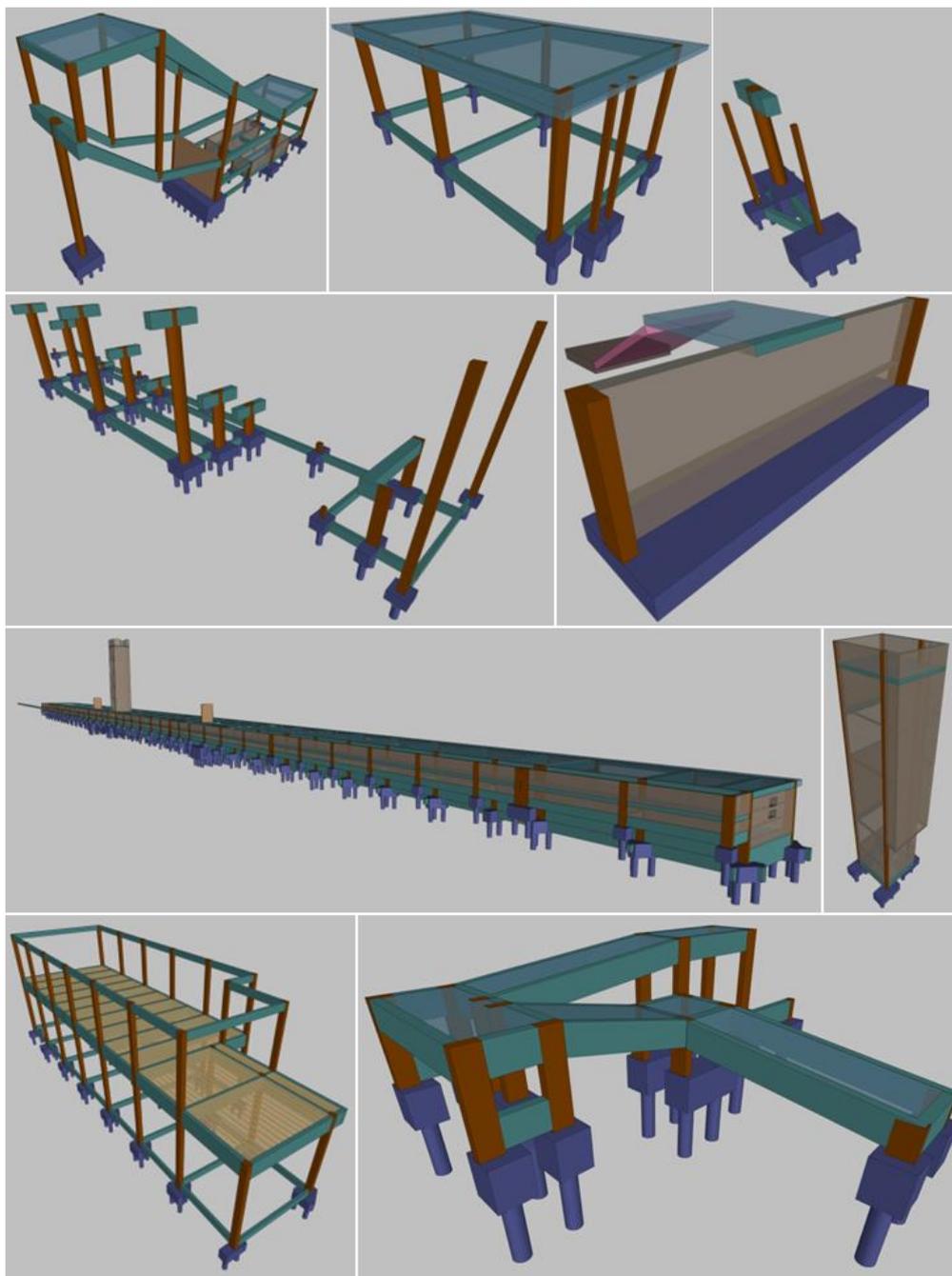


Figura 14 - Imagens do projeto de estrutura de concreto da estação ferroviária

A Figura 15 apresenta imagens retiradas do software utilizado para realizar o dimensionamento e a análise estrutural do projeto de estrutura metálica.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

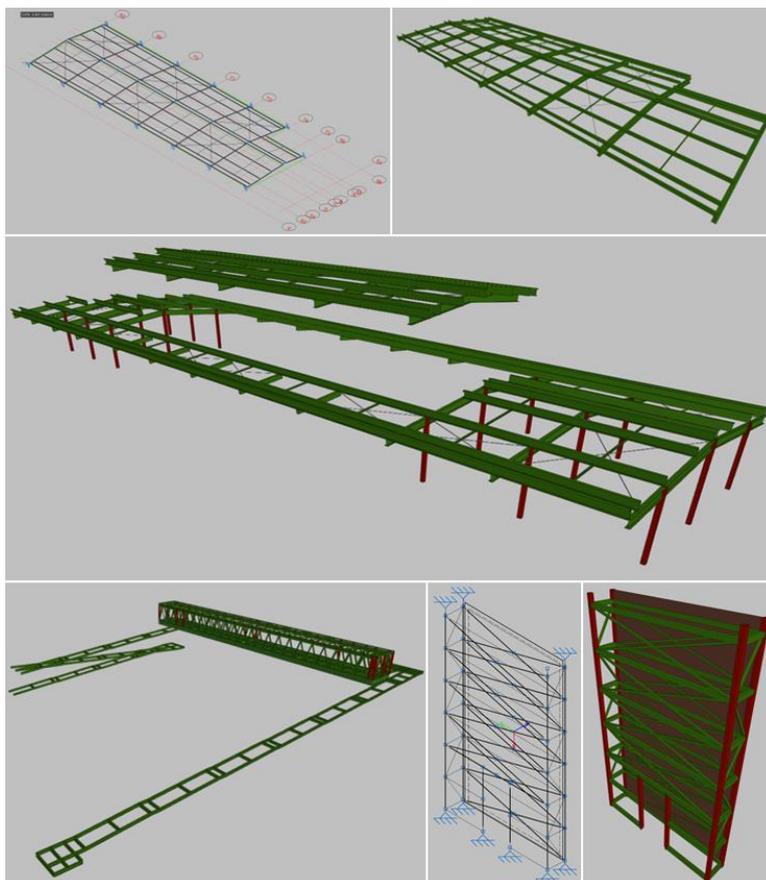


Figura 15 - Imagens do projeto de estrutura metálica da estação ferroviária

O sexto uso BIM presente no projeto de reforma e adequação da estação ferroviária é a Análise Luminotécnica. O projeto de Luminotécnica foi elaborado em um software openBIM e mais uma vez se observou a interoperabilidade entre softwares. Similarmente ao processo realizado para a elaboração dos projetos de estruturas, foi considerada a planta arquitetônica extraída do software BIM autoral de Arquitetura e criada uma máscara para utilização no software de análise Luminotécnica. Devido ao alto processamento de informações gráficas exigidas pelo software de análise Luminotécnica, houve uma subdivisão de análises por ambientes, não necessariamente unidades construtivas, assim como foi realizado para os

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

projetos de estruturas, porém similarmente de forma segmentada. Feito assim, os resultados para a análise Luminotécnica foram obtidos logicamente em menor tempo se comparado à uma análise da edificação completa.

A Figura 16 apresenta imagens retiradas do software utilizado para realizar o dimensionamento e a análise Luminotécnica do projeto de iluminação da estação ferroviária.

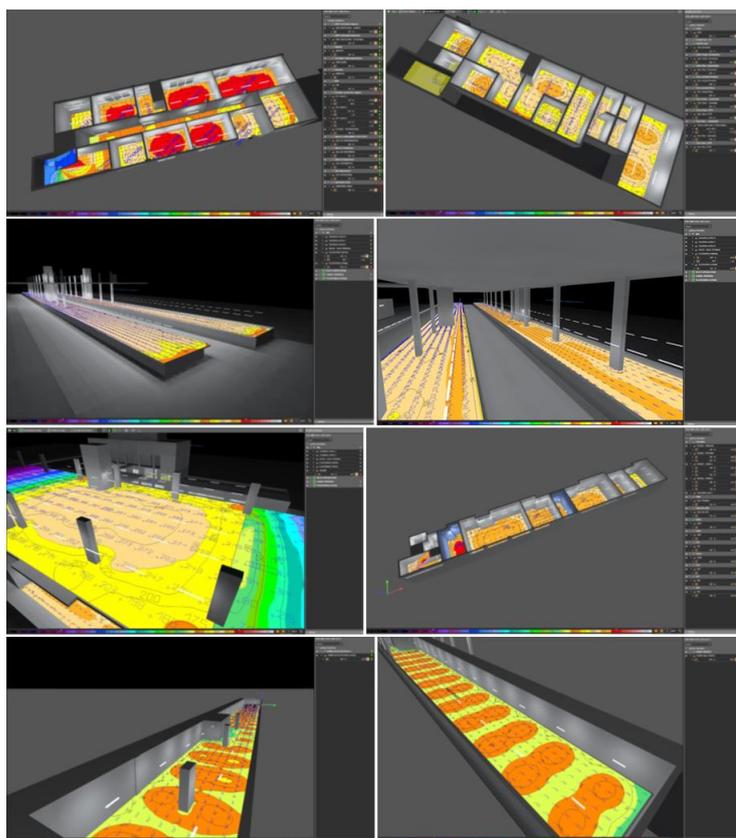


Figura 16 - Imagens do projeto de iluminação da estação ferroviária

O sétimo uso BIM é a Estimativa Orçamentária. Antes do detalhamento deste uso BIM, é necessário explanar brevemente a respeito da interface existente entre a área geradora de projetos e a área responsável por orçamentação. A empresa possui sua própria base de custos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

chamada Sistema Informatizado de Engenharia de Custos (SIEC). Após a conclusão de um projeto e a construção de uma Planilha de Serviços e Quantidades (PSQ) pela Gerência de Projetos, esta planilha é encaminhada à Gerência de Custos Referenciais, a área responsável por desenvolver o processo de valoração para tal planilha. A valoração da planilha é um processo necessário para se ter um valor referencial para a implantação de um empreendimento, seja uma estação ferroviária, uma obra linear de infraestrutura ferroviária ou como ocorre na maioria das vezes, a combinação entre uma edificação e o trecho de infraestrutura composto por Via Permanente, Rede Aérea e Sistemas ferroviários. Logo após finalizado o processo de valoração é obtido o Relatório de Análise e Valoração (RAV), que permite o encaminhamento à área financeira da empresa responsável por contratações e compras, dando início então ao fluxo de trabalho que objetiva o processo licitatório.

O parágrafo anterior apresentou em resumo o processo de orçamentação para um projeto e o uso BIM a que se refere este Estudo de Caso é a Estimativa Orçamentária, que pode ser utilizada ao longo do processo de elaboração dos projetos. Neste sentido, é interessante ter um alvo de custos e monitorar o andamento da elaboração dos projetos atrelado à evolução dos custos, de modo a se controlar as expectativas do cliente interno e do patrocinador do empreendimento, ou como se conhece no mercado, todos os stakeholders, além de impedir o surgimento de possíveis retrabalhos em função de restrições financeiras que venham a se estabelecer no cenário administrativo da empresa. A adoção de



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

um alvo de custos não é uma prática observada dentro da empresa, porém é uma sugestão feita dentro da análise deste estudo de caso.

A estimativa orçamentária pode ser obtida por meio de duas maneiras dentro do fluxo de trabalho em BIM da CPTM. A primeira opção para se obter uma estimativa orçamentária de um projeto é por meio de rotinas Dynamo elaboradas em programação visual e a segunda opção ocorre por meio de um software disponível no mercado AECO propriamente desenvolvido para elaborar orçamentação, planejamento e faseamento de obras.

A utilização de rotinas Dynamo em programação visual elimina a necessidade de se adquirir um software do mercado para uma estimativa orçamentária simples. Uma estimativa orçamentária simples é aquela em que se extrai quantitativos dos modelos BIM do software autor de modelagem e por meio dos preços unitários vinculados aos elementos BIM é gerada, em conformidade com bases de custos, uma PSQ. Observa-se que dessa maneira é obtido um produto único que apresenta o custo total para a implantação do empreendimento. Mesmo montando-se uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) para a PSQ, esta última não representa as informações pertinentes a um planejamento e faseamento da obra de implantação do empreendimento de acordo com as necessidades exigidas para um uso BIM 4D. Caso seja esse o caminho adotado, fica evidente a existência de um trabalho a mais para se elaborar o BIM 4D, estando apartado do BIM 5D. Contudo, havendo a necessidade de se elaborar um cronograma físico-financeiro, mesmo que seja um cronograma referencial e depois seja alterado por uma empreiteira contratada, BIM 4D e BIM 5D precisam caminhar



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

juntos em uma EAP para a execução da obra. Nesta situação, o software específico de mercado corresponde às expectativas no que tange a orçamentação, o planejamento e o faseamento da obra.

Quando da utilização de programação visual, o software autoral de modelagem BIM permite a utilização de parâmetros, ou atributos, que regem as informações geométricas e alfanuméricas dos elementos BIM, denominados famílias. As famílias recebem informações relacionadas tanto às dimensões e às aparências em relação aos materiais de composição, bem como informações de EAP e de uma base de custos em específico, que neste caso é o SIEC. A programação visual garante que as informações sejam atualizadas de tempos em tempos nos modelos BIM de modo automatizado, ou seja, a automatização eliminou as tarefas manuais e repetitivas que o colaborador desempenhava antigamente

Quando da utilização do software alternativo de mercado para o uso BIM de orçamentação, as informações continuam sendo atualizadas por meio de programação visual no fluxo de trabalho e são mantidas no modelo nativo de modelagem BIM. Isto porque o modelo nativo pode ser utilizado para outros usos BIM e as informações que identificam cada um dos elementos precisam estar junto aos seus donos. Alinhado a isso, é considerada a utilização de um software openBIM e a extensão dos arquivos é outra, ou seja, em um formato aberto para compartilhamento entre diferentes softwares de diferentes proprietários. Em uma estruturação realizada dessa maneira, o canal de comunicação entre softwares de diferentes fornecedores é estabelecido e o modelo BIM nativo mantém as informações

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

originais. As informações do modelo BIM nativo elaborado na Gerência de Projetos seguem para a Gerência de Obras e após a conclusão da execução da obra do empreendimento, esta última gerência se torna a área responsável por alimentar o modelo BIM de acordo com o As Built. Na sequência, o modelo BIM As Built é transferido ao cliente interno da empresa, a Diretoria de Operação e Manutenção, após o devido comissionamento. E daí por diante o modelo BIM pode receber informações relacionadas à Gestão de Ativos, concretizando no uso BIM 7D, recebendo informações de diferentes naturezas que garantam a boa operação e a adequada manutenção de todos os elementos do empreendimento.

A Figura 17 apresenta imagens das rotinas Dynamo elaboradas em programação visual para a configuração de parâmetros da base de custos SIEC nos modelos BIM do software de modelagem autoral.

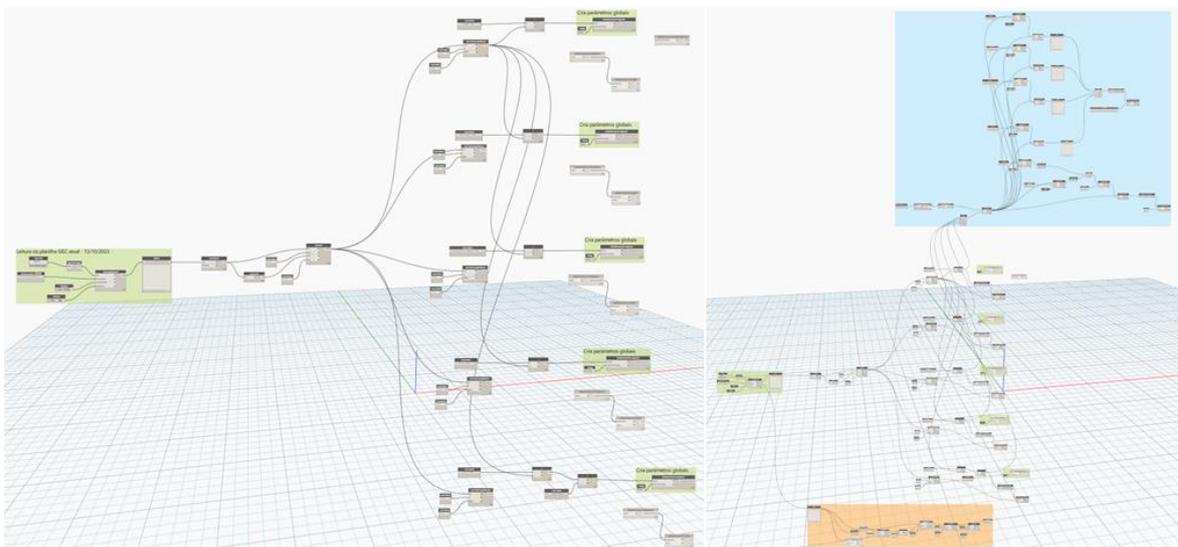


Figura 17 - Rotinas Dynamo para configuração de parâmetros do SIEC nos modelos BIM

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 18 apresenta imagens das rotinas Dynamo elaboradas em programação visual para a criação de parâmetros nos elementos BIM do software de modelagem autoral.

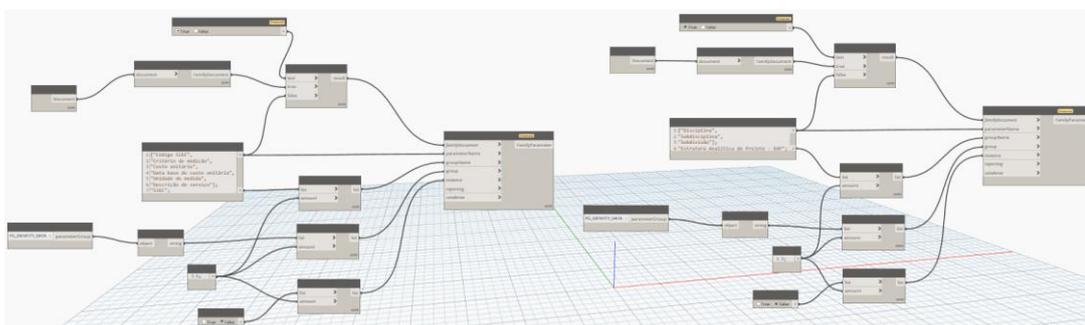


Figura 18 - Rotinas Dynamo para a criação de parâmetros em elementos BIM

A Figura 19 apresenta uma imagem da rotina Dynamo elaborada em programação visual para a atualização das informações do SIEC nos parâmetros dos elementos BIM.

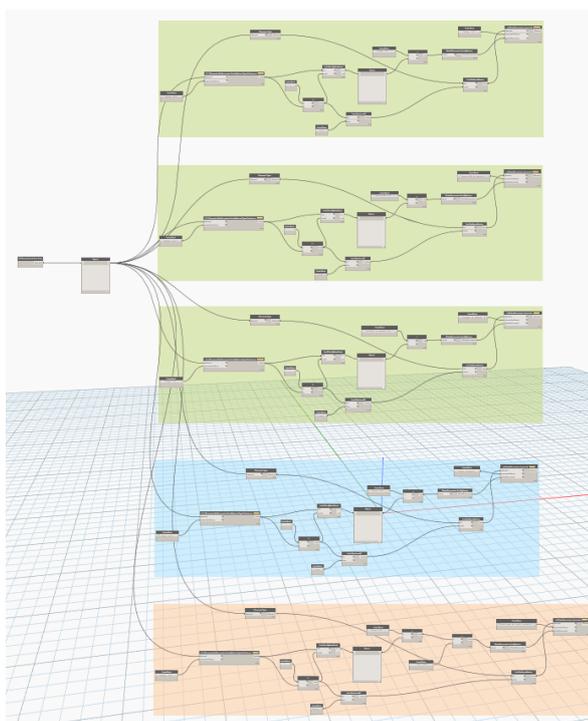


Figura 19 - Rotina Dynamo para atualizar informações do SIEC nos elementos BIM

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A Figura 20 apresenta uma imagem da rotina elaborada em programação visual para a extração de informações de um modelo BIM. Este exemplo permite a obtenção de uma estimativa orçamentária simples para o projeto de Instalações Hidrossanitárias.

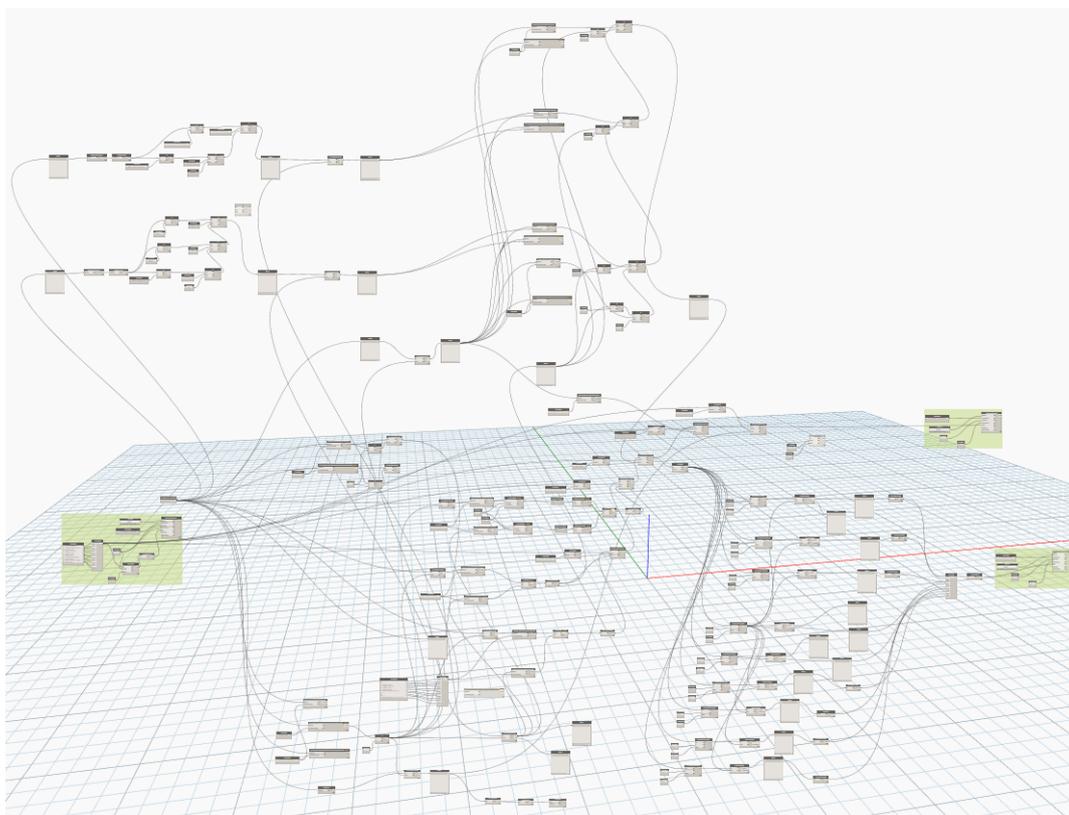


Figura 20 - Rotina Dynamo para obter uma estimativa orçamentária simples

A Figura 21 apresenta uma imagem do modelo BIM federado da estação ferroviária dentro do software para orçamentação, planejamento e faseamento de obras.

O lado esquerdo da figura apresenta o modelo federado e o lado direito da figura apresenta um recorte da planilha orçamentária.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

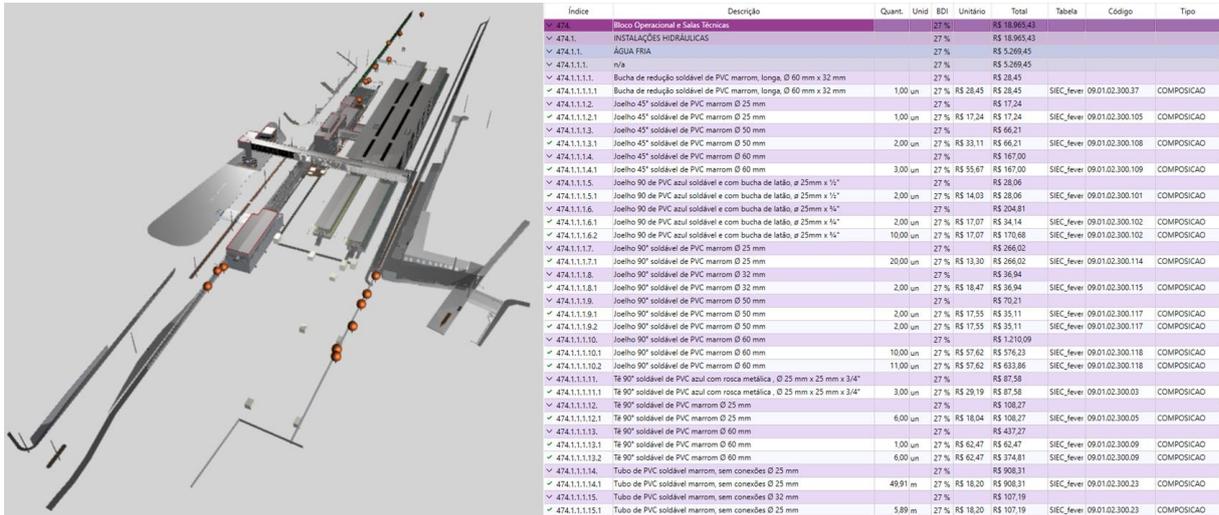


Figura 21 - Imagem do software de orçamento, planejamento e faseamento de obras

O oitavo uso BIM presente no projeto foi a Comunicação Visual. A apresentação do projeto do empreendimento em formato de vídeo e de imagens renderizadas é fundamental para se vender conceitos, atender às expectativas dos stakeholders do projeto e até mesmo efetuar pequenos ajustes nos modelos nativos caso seja encontrada alguma possibilidade de melhoria.

Neste estudo de caso, a Comunicação Visual foi utilizada após a concretização do projeto e a criação do modelo BIM federado da estação ferroviária. Como análise para este uso BIM, fica a sugestão de utilizá-lo também após o término da obra do empreendimento, o que permite a elaboração do gêmeo digital na etapa de As Built. Com o projeto As Built em mãos, o cliente interno da CPTM faz o uso completo do empreendimento e o gerencia perfeitamente em termos de operação e de manutenção. Além disso, a virtualização dos empreendimentos, ou como conhecemos normalmente por gêmeos digitais, possibilita a visualização do local

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

antes de se ir a campo para uma determinada tarefa, antecipando decisões e programando as atuações, de modo que se interfira o mínimo possível na operacionalidade de uma estação ferroviária ou qualquer outro empreendimento dentro do sistema de transporte sobre trilhos.

A Figura 22 apresenta imagens da estação ferroviária em conformidade com o uso BIM de Comunicação Visual.

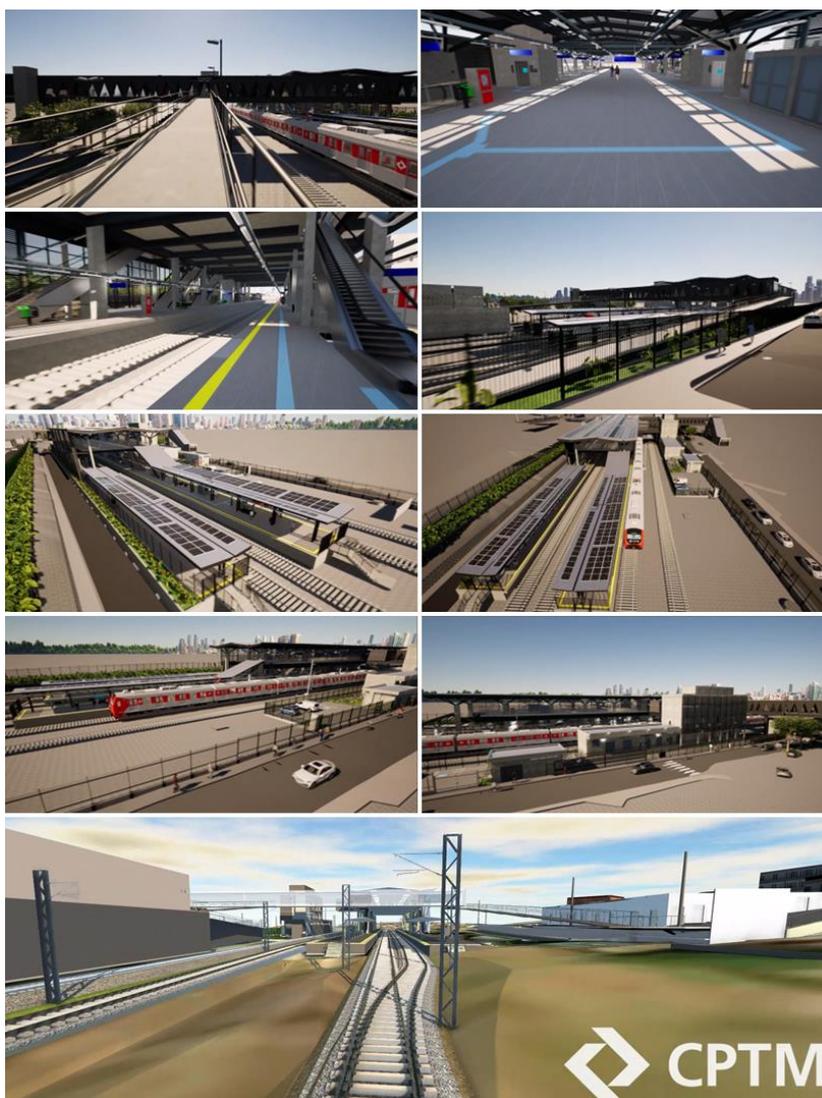


Figura 22 - Imagens da estação ferroviária no uso BIM de Comunicação Visual



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O nono uso BIM é a Gestão de Ativos, que envolve as áreas de Operação e de Manutenção da empresa, e são os clientes internos das áreas de projetos e de obras. A implantação da metodologia BIM na empresa teve sua origem na área de projetos e atualmente existe uma meta estratégica de expansão para as demais áreas da empresa, considerando inclusive o conceito de Engenharia Simultânea, onde por natureza do conceito, os clientes são convocados a participar ativamente das definições dos projetos e conhecer os métodos construtivos para as implantações dos empreendimentos.

O software para gestão de ativos está disponível para todos os colaboradores da empresa que participam ativamente da elaboração de projetos e futuramente estará disponível também para os colaboradores da Diretoria de Operação e Manutenção. As funcionalidades do software estão sendo testadas e até o presente momento tem correspondido às expectativas. Ele é um software que trabalha em nuvem e faz perfeita comunicação com o Ambiente Comum de Dados (CDE) utilizado pela empresa.

A Figura 23 apresenta imagens retiradas do software que futuramente poderá ser utilizado para a gestão de ativos da empresa.

30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 23 - Imagens da estação ferroviária no uso BIM de Gestão de Ativos



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

CONCLUSÕES

Os projetos elaborados com utilização da metodologia BIM na CPTM têm evoluído significativamente e este estudo de caso trouxe um pouco sobre o grande trabalho realizado pela equipe da Gerência de Projetos. Alguns pontos de melhorias são observados dentro do fluxo de trabalho em BIM, principalmente em relação à utilização de parâmetros nos modelos nativos do software de modelagem. É fundamental que haja o entendimento de todos sobre o fato de que os modelos nativos devem possuir todas as informações necessárias ao ativo, e que estas características são essenciais para se fazer o uso correto dos modelos, desde o 3D até o 7D. O gerenciamento da informação é o coração da metodologia BIM.

Neste artigo técnico foram apresentados os principais usos BIM dentro do escopo do projeto de uma estação ferroviária da CPTM considerando uma elaboração de projetos por equipe interna da empresa. Alguns usos BIM que podem ser mais bem explorados em um próximo projeto e não foram apresentados aqui são relacionados a estudos de massas com a utilização de softwares apropriados para isso, garantindo Estudo dos Ventos, Estudo Solar, dentre outras considerações iniciais para o desenvolvimento de projetos. É necessário adquirir um software para Paisagismo e Urbanização porque o desenvolvimento atual tem sido feito na ferramenta CAD tradicional. Os usos BIM que foram considerados ao longo da elaboração dos projetos, porém não foram detalhados neste artigo técnico são Detecção de Conflitos (*Clash Detection*) e apresentação de relatórios, Prevenção de Conflitos (*Clash Avoidance*),



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Documentação 2D e Análise de Acessibilidade, que foi feita de forma visual e não por meio de um software de checagem de regras para modelos BIM.

Os próximos passos para a evolução da metodologia BIM na CPTM é alavancar o uso nas demais áreas da empresa, tais como as áreas de orçamentação, implantação, operação e manutenção. A meta estratégica da CPTM é gerenciar 100% dos novos empreendimentos com a utilização da metodologia BIM. O objetivo será alcançado com investimentos em hardware, software e capacitação dos colaboradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHIN, C. A. **BIM e linguagem de programação visual: parametrização, padronização e extração de planilhas**. 28ª Semana de Tecnologia Metroferroviária e 9º Prêmio Tecnologia e Desenvolvimento Metroferroviários, setembro/2022.

CPTM, DEPE. **Diretrizes de Arquitetura, Paisagismo e Urbanização**. 2024.