

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 3

Levantamento Topográfico com Laser Scanner- Estudos de Casos

INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta a experiência obtida através da aplicação de novas tecnologias em levantamento topográfico planialtimétrico, com o objetivo de subsidiar o projeto básico para expansão da malha metroviária de São Paulo, permitindo, desta forma, estudos e comparativos entre técnicas e empregos de equipamentos diversificados de topografia.

No Caso 1, foi utilizado o Laser Scanner embarcado (LiDAR MMS – Mobile Mapping System) para capturar os elementos do Sistema Viário e Alinhamento Predial das adjacências ao traçado da futura Linha 19- Celeste, o Levantamento de Realidade, com o Laser Scanner estacionado (LiDAR TLS – Terrestrial Laser Scan) nas Estações Anhangabaú, da Linha 3-Vermelha e na estação São Bento da Linha 1-Azul, ambas para subsidiarem o projeto da Linha 19-Celeste e no Caso 2, foi executado o escaneamento da Estação São Joaquim da Linha 1-Azul para obter elementos para

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



o desenvolvimento do projeto de adequação da estação para integração da Linha 1-Azul com a futura Linha 6-Laranja.

DIAGNÓSTICO

Seguindo métodos consolidados que garantem a precisão e qualidade de das implantações das unidades construtivas e linhas metroviárias, a equipe técnica de topografia da Companhia do Metropolitano de São Paulo, busca melhorias em seus processos, qualificando gradativamente as equipes, a fim de garantir resultados confiáveis e exequíveis.

Ao longo dos anos, alguns equipamentos eletromecânicos de medição de distâncias e ângulos (teodolitos) foram substituídos por equipamentos eletrônicos e digitais (Estação total), aquisição de instrumento de navegação por satélite (GNSS), equipamentos como níveis eletrônicos, garantindo a precisão com a altimetria.

A organização e sequência do trabalho manteve-se ao longo dos anos e foi desenvolvido com base na NBR 13133, Especificações Técnicas, instruções e experiências vividas ao longo de 55 anos.

Seguindo as fases necessárias, como planejamento, seleção dos métodos e instrumentos, utilizando a documentação cartográfica, como marcos planialtimétricos e referências de nível (RN), apoio geodésico, desenvolvimento de poligonais, nivelamentos dos apoios e análises de propagação de variâncias, tolerâncias e utilização de cálculos, análises de erros e a partir de uma base consolidada a radiação dos pontos e desenvolvimento do trabalho.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essa rotina, empregada ao longo de dezenas de anos, foi desafiada pela possibilidade da inserção do Laser Scanner nos processos, havendo a necessidade da ampliação do conhecimento, do desenvolvimento da metodologia, estudos de viabilidade, adequação e compatibilização com as novidades que veem avançando rapidamente.

Foi necessário pesquisarmos e nos inteirar a respeito da tecnologia e equipamento proposto para as próximas demandas:

A tecnologia LiDAR- Light Detection And Ranging (detecção e alcance de luz) é Sistema de sensoriamento remoto baseado na determinação de distâncias entre o sensor e a superfície a ser mapeada, através de um pulso de laser que se propaga. É um método direto de captura de dados, onde possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser.

O LiDAR foi inventado em 1960, logo após a invenção do Laser e a sua precisão se tornou evidente na missão Apollo 15, em 1971.

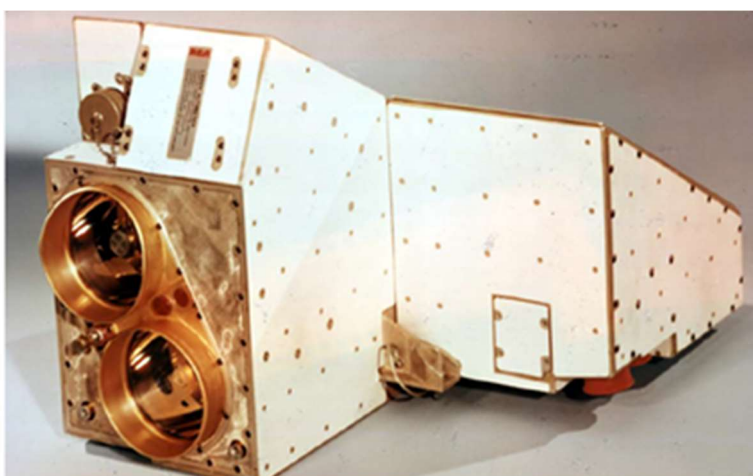


Figura 1-LiDAR utilizado na Missão Apollo 15 em 1971 (ABSHIRE, 2011)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

O sistema lidar lança uma luz laser em um objeto na superfície da terra e calcula o tempo que leva para retornar à fonte.

Nesse sentido, em um sistema lidar típico, um laser aponta para baixo a partir da parte inferior de um avião e dispara até 400.000 pulsos por segundo no solo.

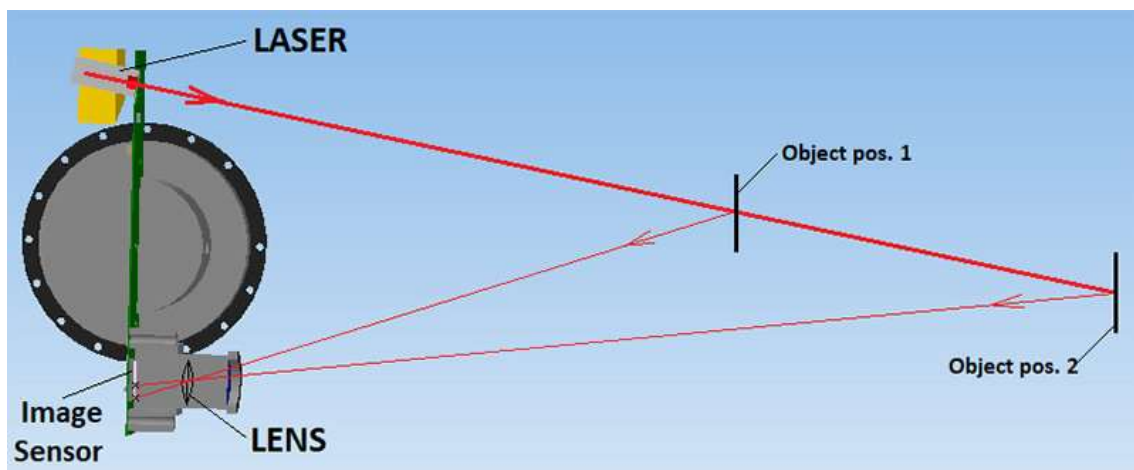


Figura 2- Funcionamento do LIDAR. Fonte: <https://www.generationrobots.com/blog/en/what-is-lidar-technology/>

Conhecendo a posição e a orientação do sensor, pode-se calcular a coordenada XYZ da superfície refletora, representada por um ponto.

Ao repetir esse processo várias vezes, o instrumento constrói um “mapa” complexo composto por todos os pontos que o LIDAR coletou (nuvem de pontos).

Essas experiências foram vivenciadas recentemente com o Levantamento Topográfico Planialtimétrico do Sistema Viário e Alinhamento Predial, produzido para toda extensão da futura Linha 19- Celeste, Levantamentos de realidade das

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Estações Anhangabaú e Estação São Bento e o Levantamento da Realidade da Estação São Joaquim- Linha 1- Azul, para subsidiar o projeto básico.

Caso 1- Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral do Sistema Viário e Alinhamento Predial do trecho entre a região do viaduto Júlio de Mesquita Filho em São Paulo e as proximidades do cruzamento da rua Claudino Barbosa com a avenida Tiradentes em Guarulhos, incluindo área destinada ao pátio de manutenção e estacionamento de trens da Linha 19 – Celeste da Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô.

O objetivo deste levantamento era identificar dados básicos topográficos para fomentar a elaboração do projeto básico da Linha 19.

Previamente às atividades da Contratada, a equipe de topografia do Metrô de São Paulo realizou algumas atividades prévias, com o uso de topografia clássica, de acordo com a NBR 13133, a saber:

- Implantação dos RN's (Referenciais de Nível):
 - Implantação e Materialização

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Nivelamento Geométrico
 - Processamentos e cálculos
 - Monografias, Memoriais de Cálculo C8
-
- Implantação dos Pontos de Apoio:
 - Implantação/materialização dos pontos
 - Rastreamento dos pontos (Antenas GNSS)
 - Nivelamento
 - Processamentos e cálculos
 - Monografias
 - Memoriais de Cálculo do rastreamento de pontos (Documentos Classe C6)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

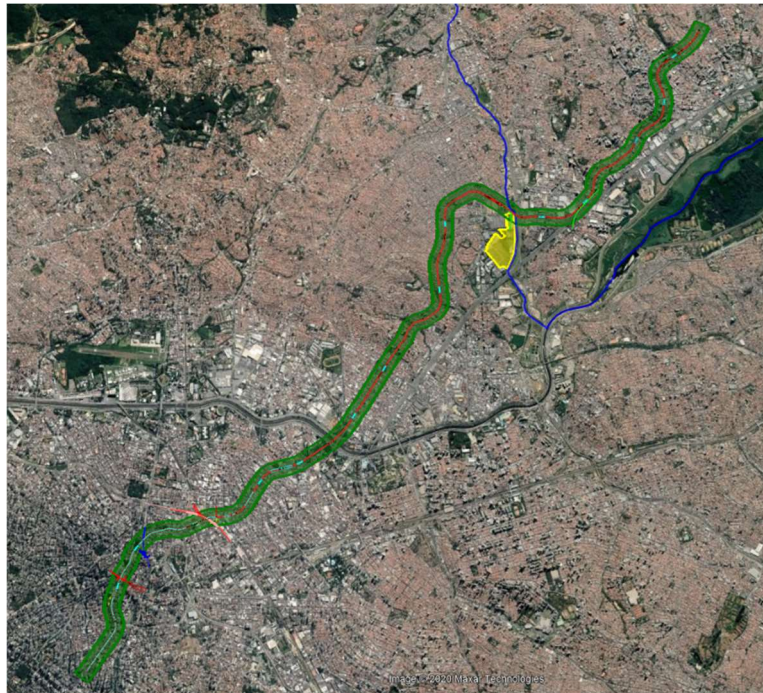


Figura 3-LiDAR utilizado na Missão Apollo 15 em 1971 (ABSHIRE, 2011)

Um ponto a se destacar é que os trabalhos se desenvolveram em 2020 e 2021, em plena Pandemia de Covid19, o que trouxe dificuldade para a equipe de topografia no desenvolvimento do trabalho que antecedeu o Levantamento Topográfico, pois houve a redução da equipe de campo. Ainda assim, com o apoio matricial de outras áreas do Metrô, foram implantados 38 pontos de apoio topográficos, com monumentação de marcos, rastreamento GNSS, cálculos e produção de monografias.

Foi importante a realização de reuniões semanais com a Contratada para alinhamentos, antes do desenvolvimento do levantamento com LIDAR MMS. Nas reuniões iniciais, a equipe do Metrô apresentou a demanda para a Contratada e

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



forneceu o material base para o desenvolvimento das atividades. Foram apresentados pela contratada o equipamento que seria utilizado e a metodologia que seria desenvolvida, além de entrega de cronograma e plano de trabalho.

Foi realizada visita multidisciplinar para o reconhecimento do local e na sequência a medição da poligonal e o nivelamento geométrico, conseqüentemente a produção de monografias para o registro das atividades.

Foram definidos os parâmetros, precisões, esclarecimentos sobre desenvolvimentos e “entregas” e houve explanação sobre a tecnologia.

Dentro do conceito LIDAR, foi empregado o equipamento MMS, cujas características são: uma base terrestre móvel da qual são emitidas as correções para os pontos irradiados pelo laser para virtualização do terreno, ou seja, o equipamento é instalado em um veículo tipo utilitário e seu posicionamento geográfico é garantido por sistema de navegação GPS/INERCIAL e um hodômetro de precisão, e a multiplicação dos pontos para caracterização topográfica do terreno que se dá pela emissão de pulsos de luz (laser).

Com o avanço do veículo ao longo da área de interesse, o sistema de navegação a bordo coletava e atualizava as informações de latitude, longitude e altitude. A combinação das informações obtidas pelo posicionamento do GPS e do sistema de posicionamento inercial resultou na localização georreferenciada do veículo e dos pontos obtidos na varredura laser com precisão absoluta de até ± 5 cm e

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

relativa de até ± 8 mm para levantamentos realizados em velocidades de até 100 km/h”.



Figura 4 - Equipamento LiDAR MMS embarcado em veículo utilitário (Foto acervo Metrô/CDT)



Figura 5 - GPS/INERCIAL e equipamento LiDAR (Fotos acervo Metrô/CDT)

Foram instalados pontos de apoio, ao longo da área de levantamento para auxiliar o ajuste da nuvem de pontos. Estes Foram materializados com o uso de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



tinta branca, ao longo das vias a uma distância de aproximadamente 1000 metros de espaçamento:

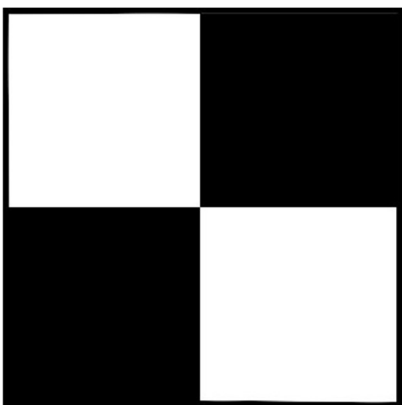


Figura 6- Pontos de Controle

Metrô recebeu informações sobre o processamento, classificação e controle de qualidade sobre o levantamento e ao longo do trabalho foram feitos registros de dados e desenvolvimento do projeto.

- Algumas dificuldades foram enfrentadas no início dos trabalhos:
 - Entregas com atrasos e com muitas inconsistências. Produtividade da Contratada muito baixa;
 - Início dos trabalhos em março/20. Primeira medição: outubro/21 (7 meses após 1ª Ordem de Serviço);

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- No levantamento com Laser Scanner Móvel a produtividade em campo era muito alta. Porém, o trabalho de escritório para limpeza de ruídos e vetorização da nuvem de pontos demandou mais tempo do que o planejado. Também houve a necessidade de reambulação em campo para cadastro e conferência de “gaps” na nuvem de pontos e correção em escritório dos desenhos. Assim, as primeiras entregas dos documentos técnicos referentes ao levantamento topográfico ocorreram alguns meses após o início do trabalho;
- A ação colaborativa entre equipe da Contratada e equipe do Metrô foi elemento chave para que a Contratada pudesse realizar os trabalhos de topografia clássica (nivelamento de pontos, rastreamento GNSS e implantação das poligonais);

A equipe do Metrô, mesmo em época de Pandemia, rotineiramente executava vistorias nos locais de levantamento, com o objetivo de embasar a análise das entregas e a demonstração à contratada da necessidade de reambulação em campo para cadastro complementar de elementos que o Laser Scanner não havia levantado ou elementos que foram despercebidos na nuvem de pontos.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 7- Objetos imperceptíveis ao escaneamento (Foto acervo Metrô/CDT)



Figura 8- Vistoria "in-loco" (Foto acervo Metrô/CDT)

- Traçamos algumas ações para auxiliar com os ajustes e melhor desenvolvimento das atividades:
 - Elaboração de planilha de controle de entregas;
- Emissões de relatórios fotográficos de vistorias nos locais e apontamentos de inconsistências;

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

- Acompanhamento semanal com reuniões técnicas;
- Reuniões com Gestor do Contrato para acompanhamento e cobrança de replanejamento;
- Emissões de Cartas apontando e alertando a baixa produtividade e os problemas de qualidade dos produtos entregues.



Figura 10- Relatório fotográfico

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Indicadores de Análises dos Documentos de Topografia - Linha 19

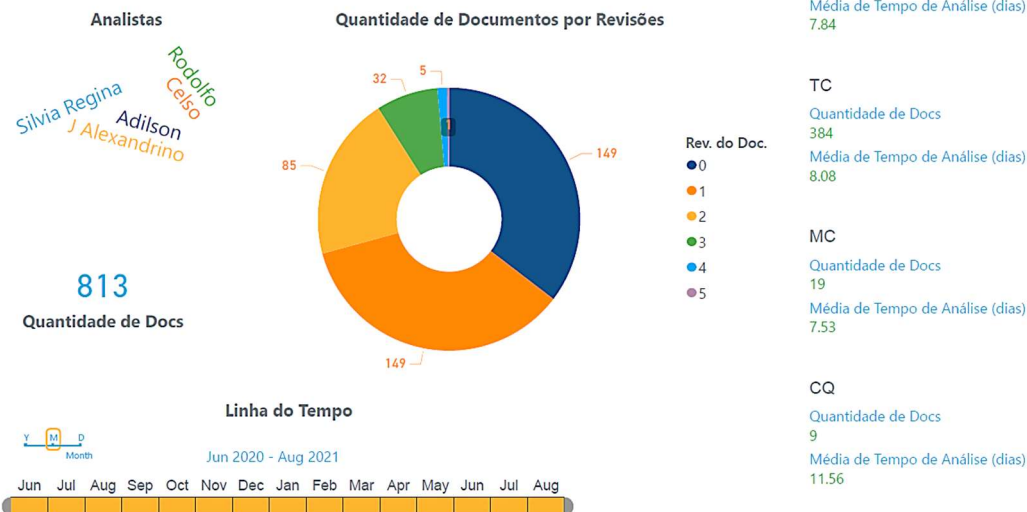


Figura 11- Indicadores atuação equipe do Metrô

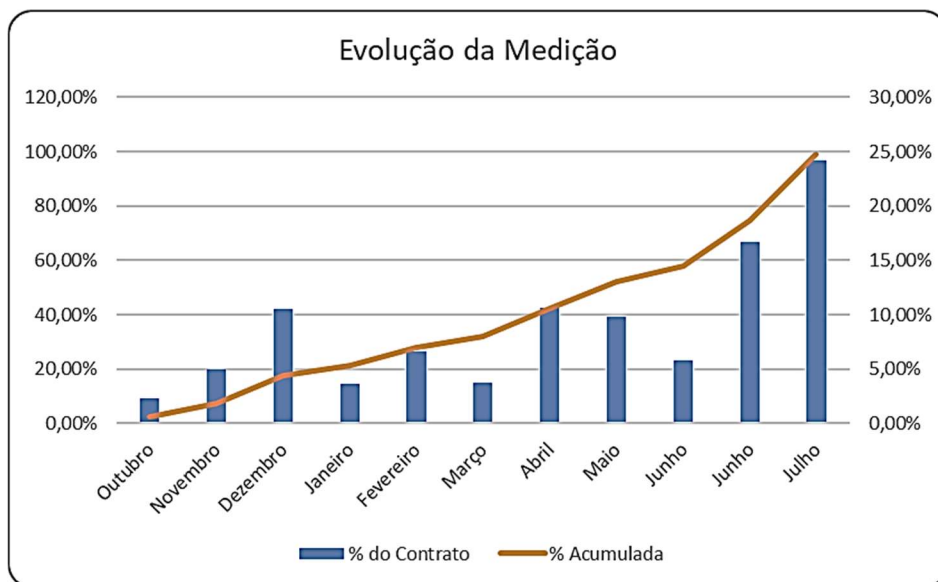


Figura 12- Evolução da Medição do Contrato, mostrando a evolução física-financeira dos trabalhos

Resultados Obtidos:

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Foram entregues pranchas de desenhos em 2D (plantas), nuvem de pontos coletados (particionada), poligonais e nivelamentos das áreas de nivelamento.

O trabalho foi executado dentro do prazo e foram atendidas as especificações técnicas.

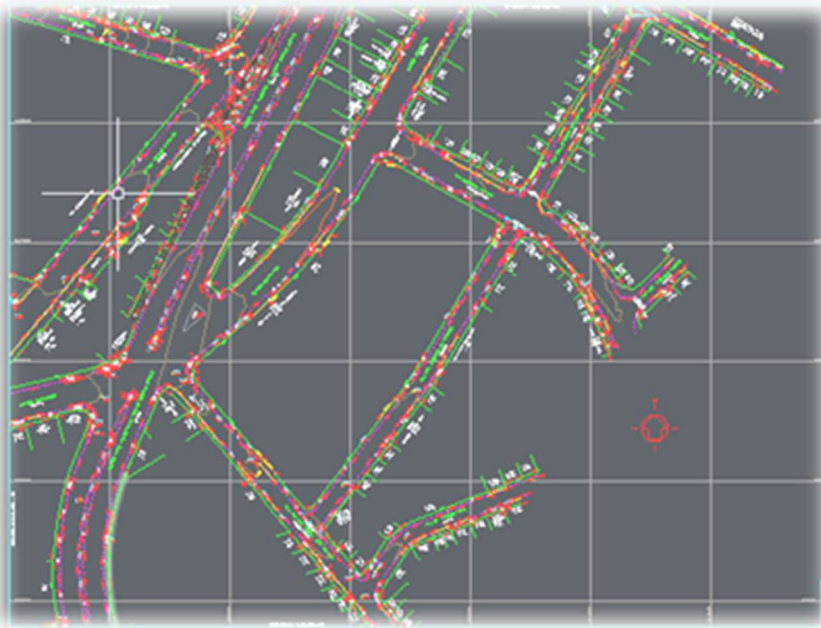


Figura 13- Resultantes do Levantamento Topográfico

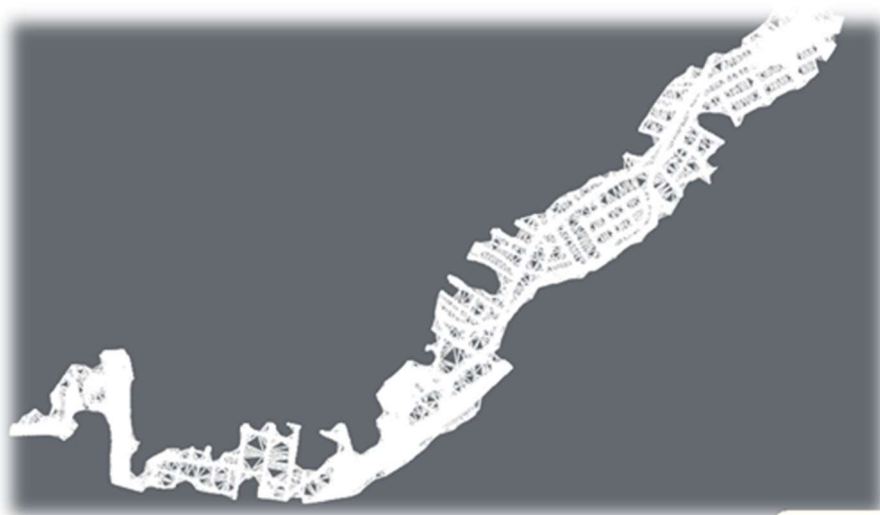


Figura 14- Nuvem de pontos

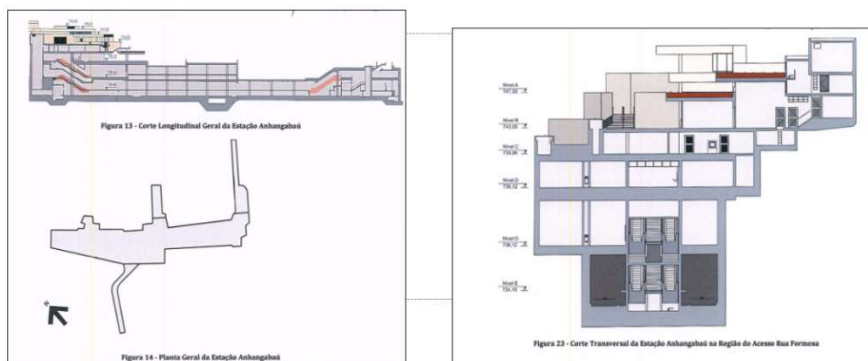
Caso 2- Levantamento de Realidade Estações Anhangabaú- Linha 3- Vermelha e São Bento- Linha 1-Azul

Para embasar o projeto básico da Linha 19- Celeste e por serem objetos de conexões entre linhas, foi previsto o levantamento de Realidade das Estações Anhangabaú da Linha 3- Vermelha e São Bento da Linha 1-Azul. Para estes trabalhos foram utilizados equipamentos LIDAR tipo TLS (Terrestrial Laser Scanner).

Foi entregue como material de base os referenciais existentes e produzidos anteriormente com o uso da topografia clássica.

Foram feitos os escaneamentos parciais das estações, em áreas indicadas previamente, por meio de atividades exclusivamente noturnas, devido o fluxo alto de passageiros nas estações no período diurno, o que atrapalharia a captura da nuvem naas áreas pagas da estação. Na Estação Anhangabaú foi escaneada uma 'parea construída de 13,7 mil m² e na Estação São Bento, 15 mil m².

Plantas de Anhangabaú



*Figura 15 - Indicação de áreas para escaneamento. Fonte: RT-19.00.00.00/1A9-001 -
Linha 19 – Celeste: Diretrizes Para o Projeto Básico (Termo de Referência)*

Plantas de São Bento

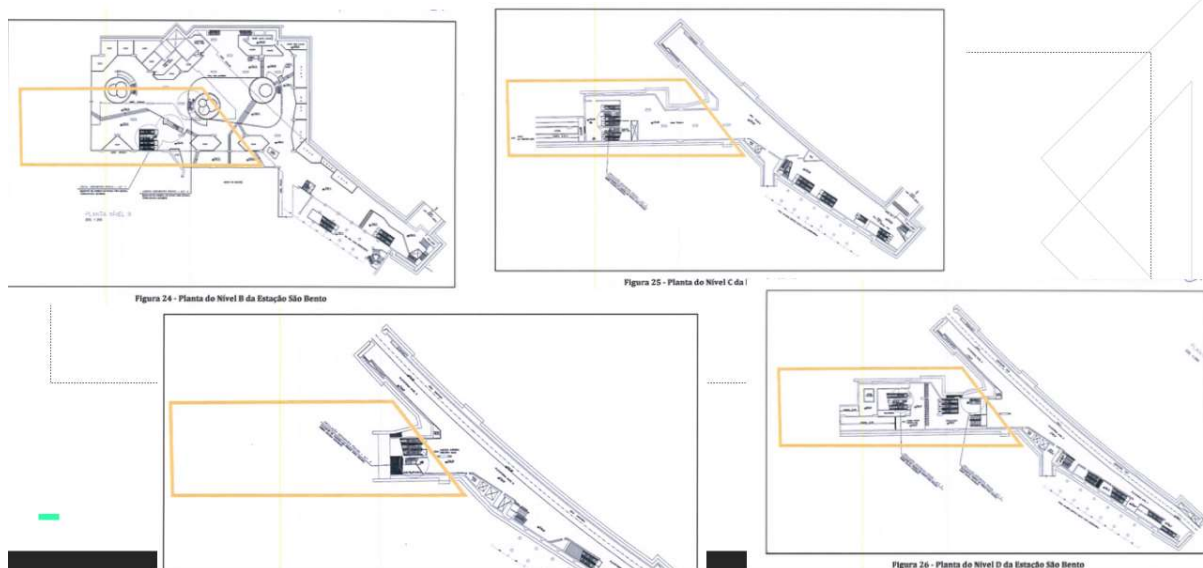


Figura 16- áreas para escaneamento. Fonte: RT-19.00.00.00/1A9-001 - Linha 19 – Celeste:
Diretrizes Para o Projeto Básico (Termo de Referência).

Como metodologia foram implantados pontos de controle e houve o acompanhamento durante a execução dos trabalhos, pela equipe do Metrô, ao longo do desenvolvimento das atividades. Foi constatado que a contratada possuía pouca experiência na utilização de topografia convencional em estações do Metrô e como era uma premissa de projeto, os técnicos do Metrô implantaram cerca de 100 targets, ou seja, pontos de controle e verificação.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 17- Target- Ponto de Controle
(Foto acervo Metrô/CDT)



Figura 18- Implantação de Targets
(Foto acervo Metrô/CDT)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

Captura de Realidade

Equipamento: Laser Scanner Terrestre

O equipamento utilizado no escaneamento das estações Anhangabaú e São Bento, foi o Faro Focus 3D S350 com capacidade de coleta de até 976 mil pontos/segundo e captura de pontos a uma distância máxima do objeto de 330 metros. Os dados foram armazenados no próprio equipamento, o que permitiu a imediata verificação da qualidade do serviço.

Assim que gerada a nuvem de pontos, foi possível sua rápida visualização no computador em 3D, facilitando a obtenção imediata dos dados como dimensões e distâncias, cotas dos pontos, com precisão da ordem de 2 a 6 milímetros, variando em função das condições do local.

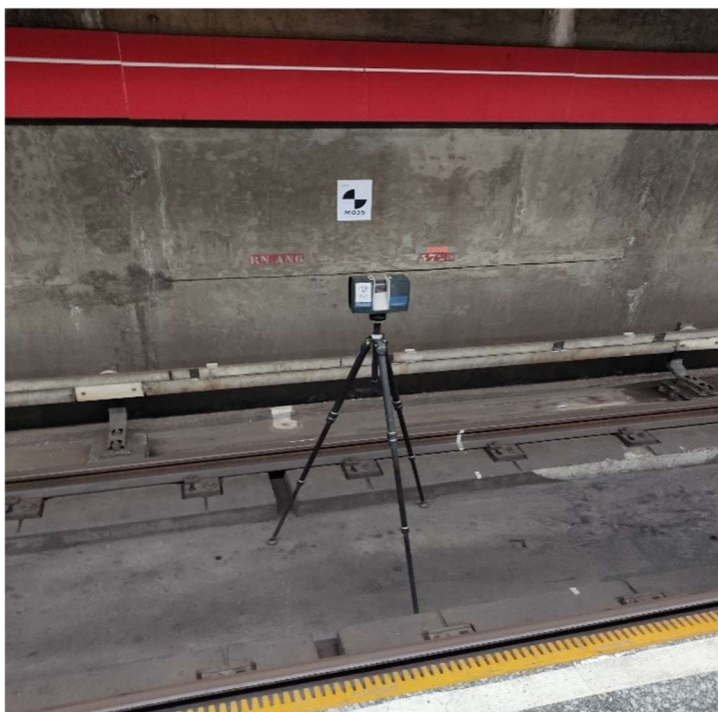
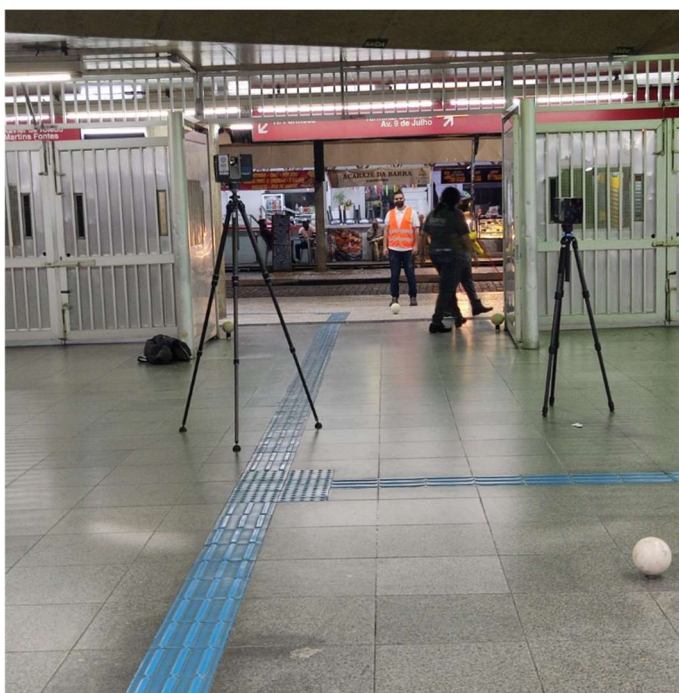


Figura 19- Laser Scanner estacionado (TLS com tripé)
(Foto acervo Metrô/CDT)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



*Figura 20- Escaneamento salas técnicas e trafos
(Foto acervo Metrô/CDT)*



*Figura 21- Levantamento de Realidade – Acesso Formosa estação Anhangabaú
(Foto acervo Metrô/CDT)*

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Levantamento realidade Anhangabaú

Para que houvesse a sobreposição das cenas, permitindo maior clareza nas imagens geradas, o equipamento foi estacionado inúmeras vezes, gerando uma grande quantidade de cenas, conforme demonstrado em planta baixa na Figura 22, com nuvem apresentando, conseqüentemente, poucas áreas de sombras, maior densidade e maior precisão no levantamento.

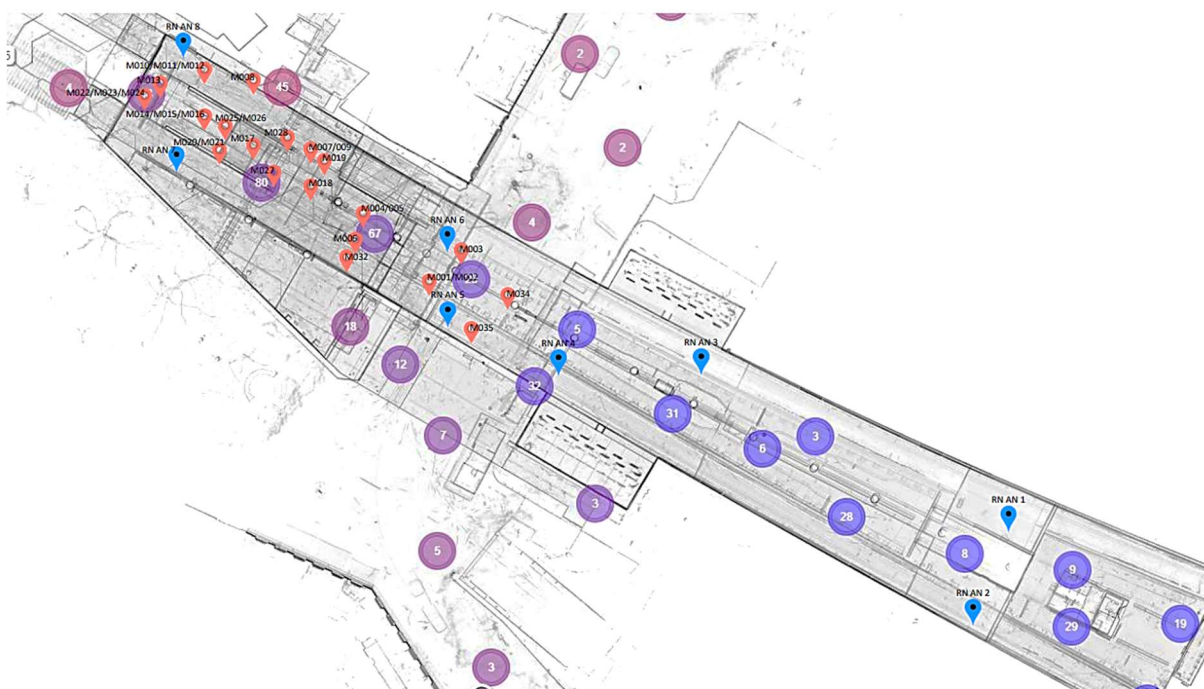


Figura 22- Planta baixa da estação Anhangabaú, mostrando os pontos de posicionamento do equipamento

Para garantir a precisão e permitir a conferência entre os dados fornecidos pela equipe de topografia do Metrô e o levantamento executado pela Metro Cúbico, foi desenvolvida uma planilha de análise e comparações entre coordenadas e cotas em pontos conhecidos, com os

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Para subsidiar o projeto básico integrado de Arquitetura, Civil e Sistemas, para a adequação da Estação São Joaquim da Linha 1- Azul para a conexão com a Linha 6- Laranja da Companhia do Metropolitano de São Paulo, o consórcio de Empresas projetistas de engenharia civil, arquitetura e sistemas contratou empresa para Levantamento Topográfico Planialtimétrico do Sistema Viário e Alinhamento Predial do entorno da estação, com a utilização da topografia clássica, e levantamento por meio de LiDAR, com o objetivo de executar o Levantamento de Realidade e condição existente da Estação São Joaquim e VSEs (ventilações e saídas de emergência) contíguas, com a utilização do Laser Scanner TLS, para subsidiar o processo de modelagem da estação em BIM.

Foram feitas reuniões multidisciplinares entre Metrô, contratada e subcontratada para alinhamentos, identificação das equipes envolvidas e visitas técnicas para reconhecimento de campo e, conseqüentemente, a produção de um plano de trabalho e, traçados os objetivos, a metodologia e definição das equipes de trabalho.

O Planejamento e desenvolvimento do emprego da tecnologia adotada ficou sob responsabilidade da empresa Contratada para o projeto básico.

As atividades desenvolvidas pela equipe do Metrô foram: Análise para traçar estratégias de atuação, planejamento dos levantamentos, planejamento da sequência do escaneamento, acompanhamento e fiscalização de campo, verificação da nuvem de pontos (coordenadas e cotas), verificação dos memoriais de cálculo, verificações de possíveis inconsistências e aprovações.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 24- Área de abrangência - São Joaquim (Fonte: Google Earth)

Foram fornecidos à contratada Pontos de Apoio da Linha 6-Laranja, obtidos junto à Concessionária responsável pela construção da Linha 6-Laranja, pontos de apoio da Linha 1-Azul, monografias dos MTs (Marcos topográficos) das vias, o projeto da Estação São Joaquim, pontos Georeferenciados e as referências de nível.

Muitas mensagens e informações foram trocadas entre as equipes, para sanar muitas dúvidas com relação aos processos e tecnologia empregada.

Após a elaboração de cronograma de execução, compatibilizando a demanda com as liberações da GOP, iniciaram-se as atividades em 08 de outubro de 2022 a 21 de outubro.

Muitos desafios foram enfrentados, como o grande fluxo de pessoas nas atividades em áreas públicas, locais de difícil acesso ou difícil permanência por conta da exposição elétrica,

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



trabalho em altura, locais empoeirados e com pouca ou sem iluminação e a restrição dos horários das atividades devido o horário operacional da estação.

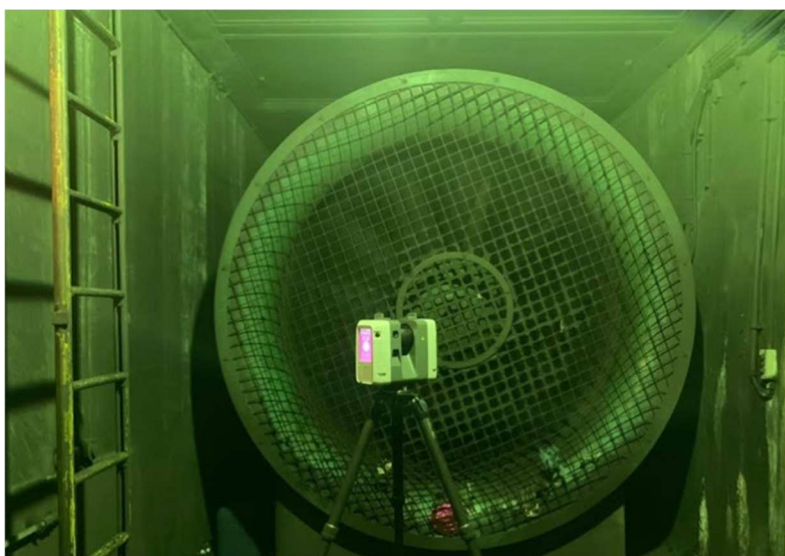


Figura 25- Ambiente Confinado (Foto acervo Metrô/CDT)



Figura 26- Trabalho noturno (Foto acervo Metrô/CDT)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



*Figura 27- Escaneamento Ventilação e Saída de Emergência
(Foto acervo Metrô/CDT)*

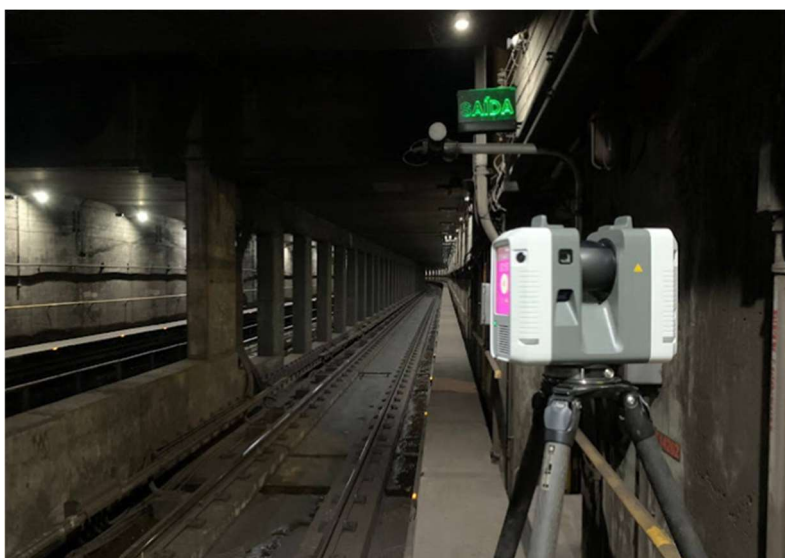


Figura 28- Escaneamento Via Permanente (Foto acervo Metrô/CDT)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Figura 29 – Foto de outra estação, mostrando a grande movimentação em horário operacional (Foto acervo Metrô/CDT)

Para vencer os desafios mencionados, foram adotadas algumas medidas que colaboraram no bom desenvolvimento das atividades:

Os profissionais envolvidos eram capacitados para as atividades propostas, os horários para o desenvolvimento das atividades foram compatibilizados com a programação de acesso às áreas operacionais, foram feitas adaptações para mitigar a falta de iluminação, como o uso de lanternas e houve o acompanhamento, integralmente, pelos técnicos do Metrô.

Em locais com pouca iluminação, como porão de cabos, foram utilizadas escalas de intensidade, para melhor identificar os objetos escaneados.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



**Porão de Cabos:
escala de intensidade**



**Porão de Cabos:
escala de cinza**



Figura 30- Escala de intensidade- Pouca luminosidade

A tecnologia de aquisição de dados adotada para esse trabalho foi o Laser Scanner “Leica RTC 360”, com a captura de até 2 milhões de pontos por segundo, campo de visão de 360° (vertical) e tempo de varredura com fotos em 1 min e 50 seg. O alcance do equipamento é de 0,5 m até 130 m, com sensores de navegação embarcados.

Entregas:

Foram produzidas 652 cenas, 238 GB em dados brutos, 461 GB em dados processados, a nuvem de pontos georreferenciada e o levantamento topográfico planialtimétrico, entregue em pranchas de desenhos 2D.

39 ambientes foram escaneados em 7 dias de escaneamento e 10 noites.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

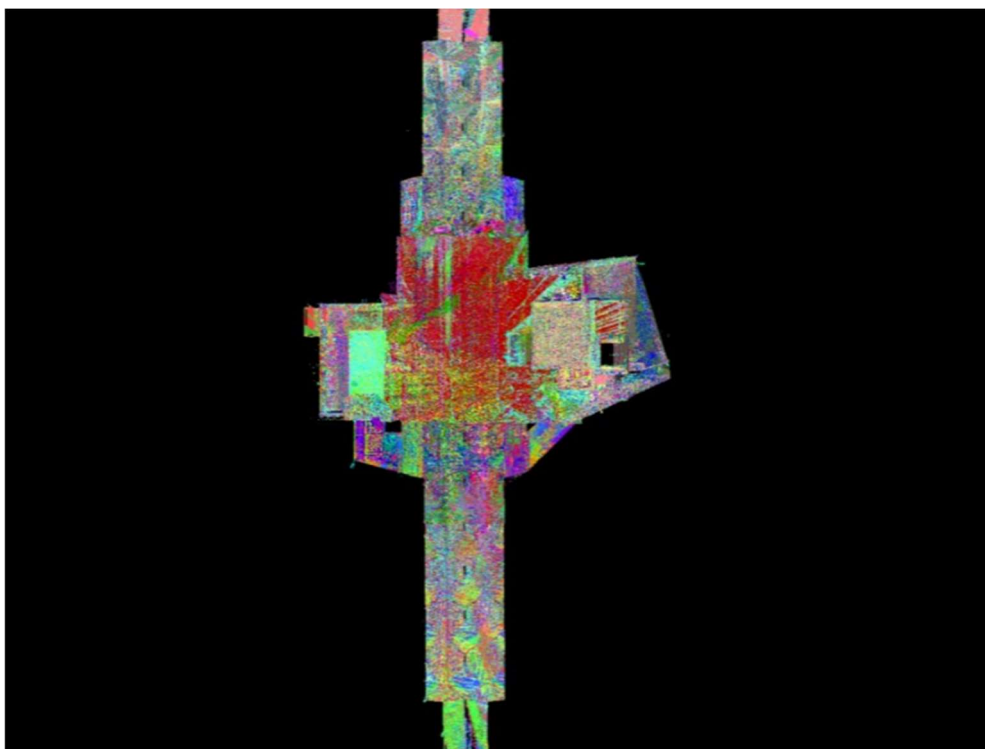


Figura 31- Planta baixa- Nuvem de pontos

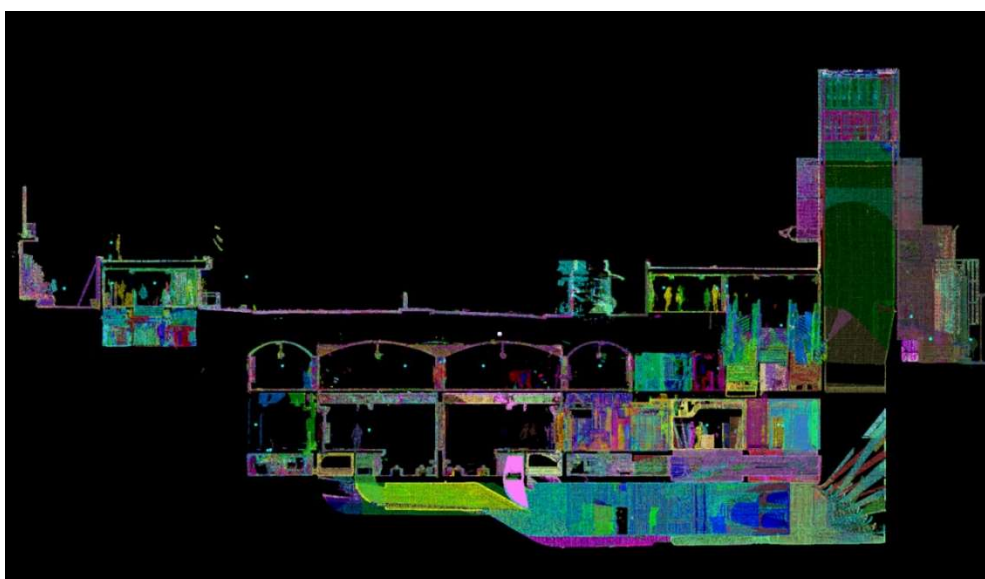


Figura 32- Nuvem de pontos

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

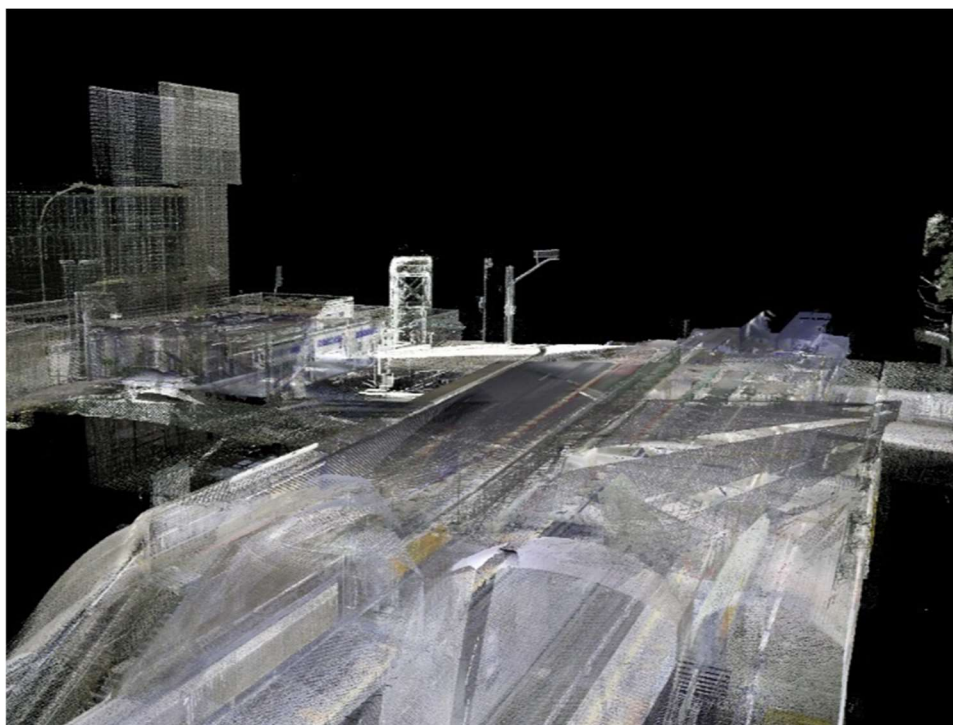


Figura 33- Nuvem de pontos

- Prós e Contras:
 - Após o término do trabalho, foi possível analisar os processos para identificar quais são os aspectos contrários do uso da tecnologia Laser Scanner:
 - Alto custo dos equipamentos
 - Demora nas entregas (para filtragem, limpeza das nuvens)
 - Possíveis obscuridades
 - Retrabalho com reambulação
 - Alto investimento em software e hardware (processamento e armazenamento)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Porém, os aspectos positivos sinalizam a grande probabilidade do uso do Laser Scanner nas demandas do Metrô:
 - Rapidez no levantamento e no processamento
 - Precisão e aumento de detalhamento
 - Nuvem ajustada e concordante com a topografia clássica
 - Redução do tempo da execução

Análise de Resultados

- Muitas lições foram extraídas nestes trabalhos e atitudes que fizeram com que o resultado fosse positivo e atendessem as expectativas:
 - A atuação da equipe de topografia do Metrô, nas fases que antecedem o início de um trabalho de levantamento topográfico, é essencial, pois possui informações e conhecimentos (referenciais, especificações) que serão necessários para o desenvolvimento de atividades nessa disciplina;
 - Identificamos a necessidade da sobreposição das tecnologias, como a topografia clássica juntamente com tecnologias contemporâneas;
 - São necessárias reuniões interdisciplinares para planejamento e alinhamento técnico;
 - Acompanhamento “corpo a corpo” junto às contratadas;
 - Reuniões com Gestor do Contrato para acompanhamento e cobrança de replanejamento;

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- Emissões de Cartas Técnicas apontando e alertando a baixa produtividade e os problemas de qualidade dos produtos entregues, quando necessário;
- Tabelas comparativas de análise dos pontos de controle;
- Implantação dos pontos de controle por parte do Metrô, garantindo maior precisão da nuvem;
- Consolidação da aplicação do laser scanner;
- Elaboração de Escopo de Serviços detalhado para atendimento às diretrizes do projeto.

Conclusões

O envolvimento das equipes e a participação da equipe de topografia do Metrô, no início dos processos de levantamento, foram de grande importância.

O entrosamento das equipes multidisciplinares, planejamento, análise dos riscos, registros de informações e questionamentos permitiram que os processos acontecessem harmoniosamente.

As observações das lições aprendidas e aplicação em outras demandas farão com que possamos desenvolver nossas atividades e mantermos a qualidade e precisão necessária para uma obra metroviária.

Aprendemos a trabalhar com novos equipamentos, softwares, desenvolvemos metodologias de análises e conferências.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Concluimos que a Topografia Clássica é indispensável, mas pode ser complementada com outros equipamentos e processos que possam facilitar, agilizar as execuções e agregar novos atributos ao trabalho, refletindo positivamente no cumprimento dos prazos, atendimentos às expectativas e resultando em um produto de qualidade. Em suma, a tecnologia de levantamento por meio de escaneamento a laser não é concorrente da topografia clássica, mas sim uma tecnologia complementar, que agiliza os levantamentos em campo, consegue coletar muito mais informações e pontos em campo, com maior detalhamento dos objetos levantados, e com precisão adequada.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 13.133: *Execução de Levantamento Topográfico-Procedimento*, 2021.

ABSHIRE, J.B. NASA's Space Lidar Measurements of the Earth and Planets. In: *IEEE Photonics Society Meeting University of Maryland*. 5 de Abril, 2011.