

CATEGORIA 3

PROJETO MODULAR VSE EM BIM

AUTORES

GERSON LUIZ MARTINES

RICARDO LUIZ LEONARDO LEITE

HUGO CÁSSIO ROCHA

INTRODUÇÃO

Uma linha de metrô, em função de suas características funcionais e operacionais, pode ser dividida em seis unidades construtivas: i) Pátio de Manutenção e estacionamento de trens; ii) Vias operacionais; iii) Estacionamentos de trens ao longo das Vias operacionais; iv) Poços de Ventilações e saídas de emergência; v) Estações e vi) Centro de controle operacional (CCO). Cada uma dessas unidades é composta por subunidades determinadas pelos métodos construtivos que serão utilizados em sua implantação. Por sua vez, a depender das metodologias construtivas e da distribuição espacial das subunidades construtivas obtém-se um leque de tipologias para as instalações metroviárias. Tendo em vista que as unidades construtivas e suas tipologias se repetem a cada novo empreendimento, a Diretoria de Engenharia do Metrô constituiu um núcleo, de estrutura matricial, focado no desenvolvimento dos padrões dessas unidades objetivando o aumento da qualidade e produtividade dos projetos.

Algumas das unidades construtivas encontram-se em desenvolvimento, sendo a Ventilação e Saída de Emergência (VSE) o foco desse artigo. Foi a primeira unidade a ser desenvolvida, por ser menos complexa, mas não menos importante, uma vez que guarda semelhanças construtivas com as estações subterrâneas e se repete cerca de 20 vezes em uma linha metroviária, representando custos significativos. O desenvolvimento da VSE estabeleceu a fundamentação da padronização que será utilizada em outras unidades construtivas e, também, a dinâmica de futuros projetos.

Foram desenvolvidas duas tipologias de VSE que se encontram aptas a deixarem a “prancheta” e serem postas em linha de produção nos próximos projetos. Como todo trabalho de desenvolvimento o aperfeiçoamento do modelo será contínuo e acompanhado, com lançamento de correções e novas versões ao longo do tempo. As vantagens são evidentes e serão apresentadas nesse artigo.

SISTEMA DE VENTILAÇÃO E CONTROLE DE FUMAÇA

Quando do projeto de uma linha de Metrô é necessário conceber um sistema de ventilação e controle de fumaça que visa o atendimento das seguintes necessidades:

- Remoção do calor e da poeira decorrentes da movimentação dos trens;
- Renovação de ar nos ambientes subterrâneos, assegurando o número de trocas mínimas de ar;
- Remoção e direcionamento do fluxo de ar quente e fumaça proveniente de eventuais sinistros acompanhados de incêndio no interior das estações e túneis.

Os locais atendidos pela ventilação são basicamente as áreas de circulação e permanência de pessoas nas estações (acessos, mezaninos, escadas, plataformas) e os túneis de via onde circulam os trens mantendo os ambientes das estações e dos túneis com pressão negativa em relação ao exterior.

A ventilação dos túneis e das estações é composta de exaustão e de insuflação mecânica, considerando todos os fatores relacionados à carga térmica e emergências. Nos trechos de túneis, a exaustão é feita através dos poços de ventilação e saída de emergência - VSE.

Em emergência (com ou sem trens em circulação), a operação de todos os ventiladores ficará condicionada às rotinas de emergência, prevendo-se, inclusive, a possibilidade de inversão de sentido do fluxo de ar nos exaustores dos túneis e nos insufladores das estações através da reversão da rotação dos respectivos motores elétricos, de forma a viabilizar o controle de fumaça.

Em condições normais uma unidade de ventilação - UV, é composta de uma estação e um VSE, (ver figura 1). Já em condição de emergência esta UV é estendida para o túnel do lado oposto, onde abrangerá mais um VSE, pertencente à UV anterior (ver figura 2). Dessa forma é possível maior autonomia e eficiência no controle de gases e fumaça provenientes de um eventual incêndio.

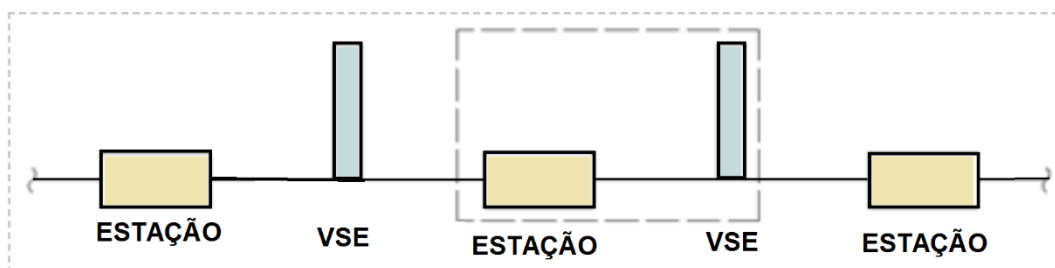


Figura 1- UV sob condição normal de operação

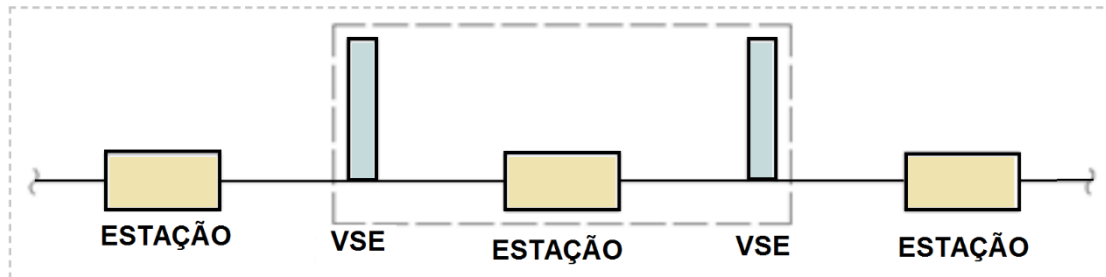


Figura 2-UV sob condição de operação de emergência

O Metrô-SP realiza testes de fumaça nas estações e túneis para verificar a eficiência e atendimento às normas técnicas (IT45 – Instrução Técnica 45/2018 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, NFPA – 130 – Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems) dos sistemas de ventilação projetados e instalados (figura 3).



Figura 3- O sistema de Ventilação deverá ser capaz de controlar a fumaça na estação e túneis em caso de incêndio

DIAGNÓSTICO (CONTEXTO DA PADRONIZAÇÃO)

ATRASO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Segundo o ExecutiveSummary da Mackinsey Global Institute, de fevereiro de 2017, disponível na internet, intitulado “Projects&InfrastructurePracticeReinventingConstruction: A RouteToHigher Productivity”, o setor de construção é um dos maiores da economia mundial, com cerca de US\$10 trilhões/ano de investimentos. Mas, a evolução da produtividade dessa indústria nos últimos 40 anos, no mundo, tem sido muito baixa em comparação com a de vários outros setores. Globalmente, a produtividade da indústria de construção cresceu 1% ao ano nas duas últimas décadas, enquanto o total da economia cresceu 2,8% e a de manufatura 3,6%.

Esse sumário apresenta um diagnóstico dos problemas que essa indústria enfrenta, dentre eles a padronização limitada e algumas recomendações para sua superação, como o uso da Modelagem da Informação da Construção - BIM.

Segundo o Sinduscon SP (Informe publicitário – ano 25 Nº 1096 de 04 de março de 2018) o Brasil foi o segundo país que mais perdeu produtividade no mundo de 1995 a 2015. “mesmo com todas as dificuldades a indústria da construção registrou avanços em gestão e produtividade, graças a inovações como o BIM, que estão revolucionando a forma de conceber, projetar e executar as obras”.

As oportunidades de investimentos no mundo são grandes, mas seus processos precisam ser revistos para que a produtividade atinja grau de produtividade compatível com os demais

segmentos da economia. A indústria da construção no Brasil está inserida nesse contexto e, portanto, necessita proceder correções. A padronização e tecnologia digital, como o BIM estão no programa de investimento do Metrô de São Paulo.

PROJETO MODULAR

PRELIMINARES

O desenvolvimento prévio da concepção, considerando a engenharia estrutural, geotécnica, de via permanente e de sistemas e o acabamento da estação, para servir de base à elaboração dos projetos básicos e funcionais, possibilitará reduzir indefinições e divergências técnicas que interferem nos prazos e custos de um contrato de projeto, com consequente redução de aditivos contratuais. O Projeto Modular, por ser uma solução padronizada e adaptável a qualquer local de implantação das instalações, resultará em elaboração e aprovação mais ágil do projeto básico, além de maior domínio de gestão, uma vez que as soluções técnicas e o resultado do projeto serão antevistos, reduzindo ou dificultando alterações desnecessárias. A forma de elaboração, aprovação e contratação dos projetos sofrerá profundas mudanças. Por outro lado, consolidará, registrará e transmitirá as experiências adquiridas em projeto e construção de Metrô no formato de projeto pronto para ser aplicado, revisado ou descontinuado em função de novas lições e tecnologias adquiridas.

A padronização das unidades construtivos ganhou o nome de Projeto Modular uma vez que sua constituição se baseia em conjuntos de módulos, dispostos adequadamente no local de inserção da instalação de modo a ajustar o seu posicionamento, tanto no plano horizontal,

como no vertical. Os módulos padrões contêm todas as especialidades envolvidas na VSE, tais como estrutura, acabamento e sistemas elétricos e eletromecânicos dentre outros.

O objetivo do projeto modular é a mudança na forma de projetar de “projeto sob demandas” para “projeto para demandas”, ou seja, de “projetos personalizados” para “Projetos padrões modulares customizáveis às demandas”. Assim, a estratégia adotada foi a união entre o padrão (expertise do Metrô) com o BIM (investimento e aquisição de novos conhecimentos em tecnologia digital) em sintonia com as necessidades recomendadas para incrementar a produtividade e qualidade na elaboração de projetos. Essa dinâmica deverá ter impacto, para melhor, na forma de contratar e projetar novas linhas metroviárias.

Nos anos 1990 as estações foram concebidas com plataformas em túneis convencionais e acessos em poços circulares, figura 4. Até hoje muitas estações foram construídas com esse conceito padrão, como as estações Paulista da Linha 4 – Amarela, Ipiranga da Linha 2 – Verde e Santa Cruz da Linha 5 – Lilás. A adoção desse conceito representou e, ainda representa, a eficácia no processo de conceber uma nova linha, dado que a equipe de profissionais destacada para os primeiros estudos se baseia no conceito padrão. Mas, ao se projetar a estação, ou VSE, cada uma delas são projetadas com geometrias e detalhes diferentes, tornando-as distintas entre si e, conseqüentemente, perdendo produtividade e escala na elaboração do projeto e na execução das obras. Faltava, portanto, padronizar o detalhamento dos conceitos de estações e VSE estabelecidos, que proporcionaram a eficácia na concepção de novas linhas, de maneira a dar eficiência ao projeto básico e atingir maior qualidade e produtividade com ganhos como:

- Adoção de solução única para todas as frentes de elaboração de projetos, de construção civil e de instalação de sistemas;
- Menores riscos de mudanças de projeto;
- Maior agilidade da análise e aprovação de projeto;
- Minimização de retrabalho de projeto;
- Impacto positivo na qualidade das obras e nas instalações de sistemas.

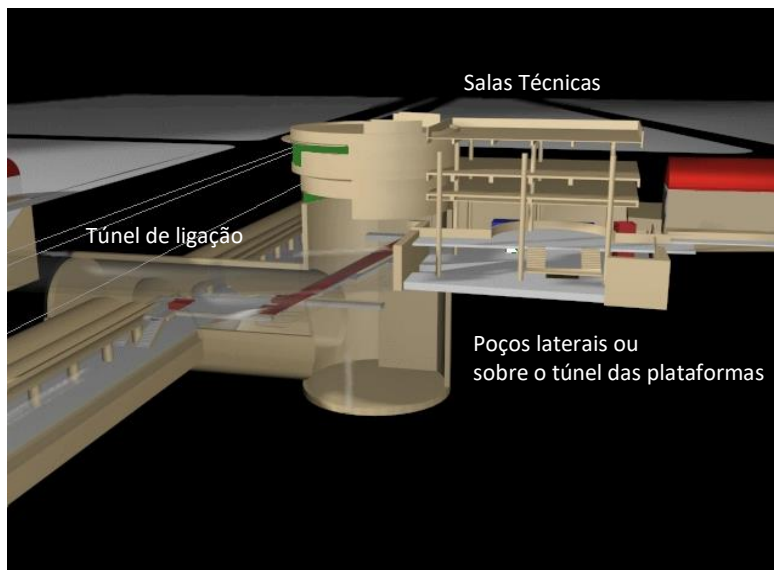


Figura 4 - Conceito padrão. Nos anos 1990 as estações foram concebidas com plataformas em túneis convencionais e acessos em poços circulares'

CLASSES DE ELEMENTOS DA VSE

A VSE é dividida em 4 classes de elementos conforme a seguir e mostradas nas figuras 5 e 6:

- Elementos rotacionais – são as estruturas da saída de ar que não sofrem variações de esforços, mas giram para adaptar-se ao meio urbano;

- Elemento fixos – são os elementos estruturais situados no interior do poço e túneis que não sofrem a influência das escavações;
- Elementos variáveis – são as estruturas das paredes de contenção primária e secundária do poço e túnel de interligação;
- Elementos geotécnicos – São os elementos de condicionamento do maciço que variam com o maciço, figura 6;

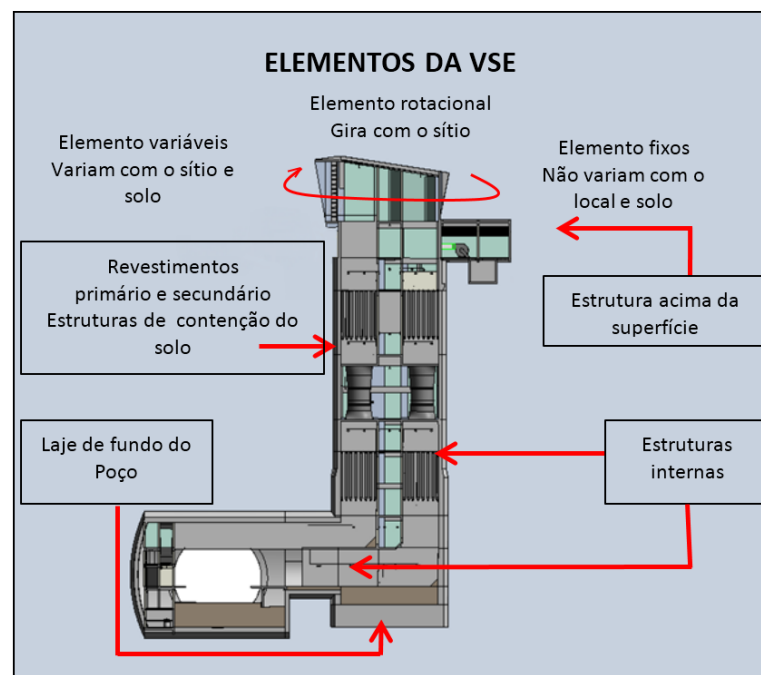


Figura 5 - Elementos rotacional, fixos e variáveis das estruturas da VSE

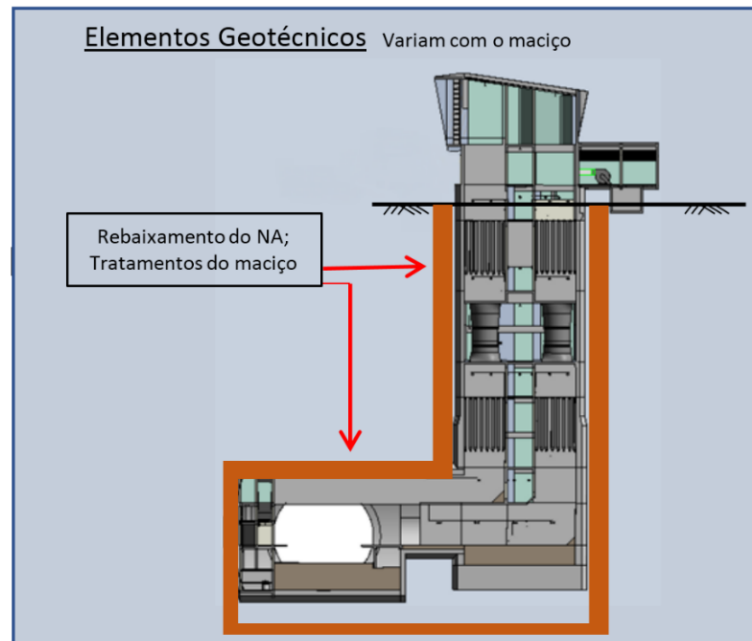


Figura 6 - Elementos de condicionamento do maciço para escavação do poço e túneis

TIPOLOGIAS DA VSE E SUAS VARIANTES

São seis as tipologias de Ventilação e Saída de Emergência (função dos métodos construtivos e posicionamento do poço em relação ao túnel das vias), conforme Figura 7. A posição dos atenuadores de ruídos e ventiladores influenciam as tipologias. As padronizações das tipologias “TBM duplo com poço Lateral” e “TBM duplo com Poço sobre a via”, ambas com os atenuadores de ruídos e ventiladores situados no poço, foram priorizadas por serem as mais utilizadas.

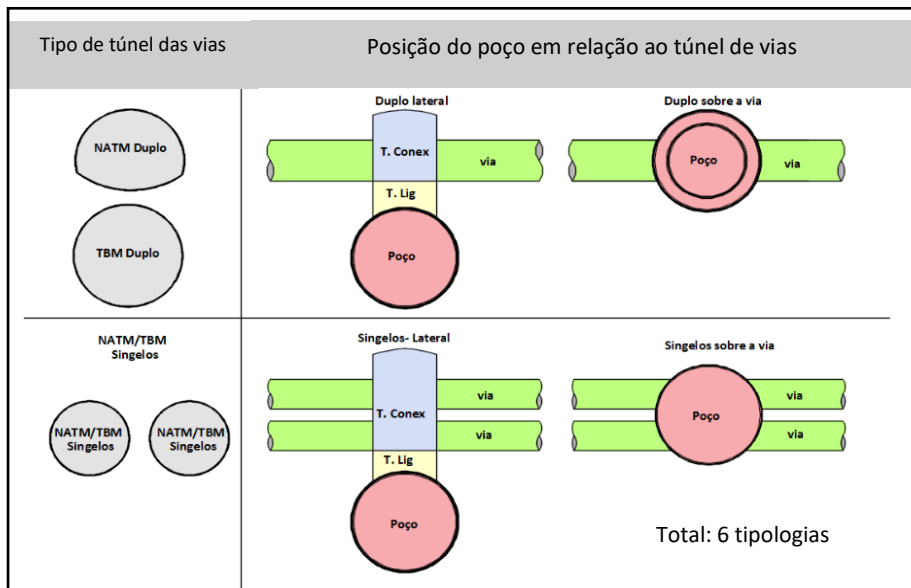


Figura 7 - Tipologias das VSE's

ANÁLISE DOS RESULTADOS

METODOLOGIA UTILIZADA PARA A PADRONIZAÇÃO DA VSE

Levantamento de dados de projetos básicos ou executivos (VSE construídas) de 35 VSE de diversas linhas do Metrô de São Paulo contemplando pesquisa e análise dos seguintes parâmetros e dimensões:

- Profundidade;
- Posição dos ventiladores;
- Espessuras das paredes (primária e secundária) de contenção e lajes de fundo;
- Diâmetros internos das ventilações;
- Posição relativa dos poços em relação ao túnel das vias;
- Geometrias dos túneis de interligação dos poços e túneis das vias;

IDENTIFICAÇÃO DO PADRÃO EXISTENTE E SUA OTIMIZAÇÃO

O conjunto dos dados obtidos permitiu compilar informações que, analisadas, forneceram os elementos para a definição dos padrões. A figura 8 apresenta um caso de análise efetuada.

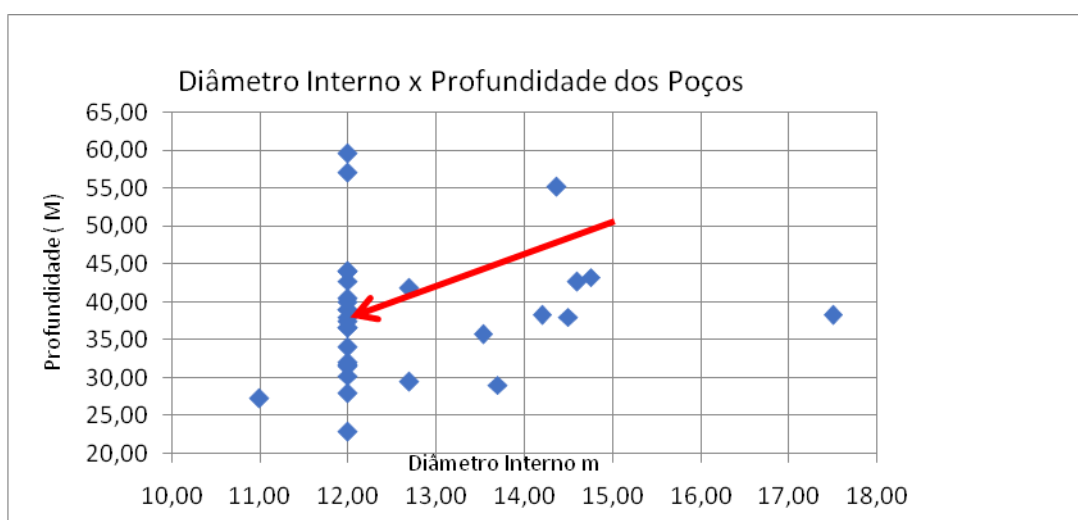


Figura 8 Análise do diâmetro interno x profundidade dos poços

MÓDULOS DA VSE

A divisão em módulos permite o ajuste espacial da VSE ao local onde será implantada, adequando as partes acima da superfície (saída de emergência e saída de ar) ao meio urbano, a profundidade do poço (do topo do boleto das vias (TB) à superfície do terreno) e o posicionamento do poço em relação ao túnel das vias, com ajustes na extensão do túnel de interligação e na ortogonalidade entre ambos os túneis. No caso da tipologia onde o poço se situa sobre o túnel das vias haverá ajuste apenas na superfície e profundidade do poço uma vez que não existe túnel de interligação.

Na modulação da VSE são considerados os equipamentos que a compõem tais como ventiladores, atenuadores de ruídos e controles elétricos e eletrônicos. Considera, ainda, a compatibilidade de divisão das estruturas, os acessos de manutenção e os lances das escadas da saída de emergência. O módulo de ajuste da profundidade do poço contém um lance completo de escadas (3,60m). O módulo superior, onde se localizam os ventiladores e o atenuador de ruídos superior, é desdobrado em vários blocos, cada qual com alturas diferentes contendo subdivisões do lance completo das escadas, de maneira a permitir o “ajuste fino” das estruturas do poço com a superfície do terreno onde será implantada a VSE.

As modelagens BIM das várias especialidades (estrutura, acabamento, hidráulica, geotecnia e sistemas eletromecânicos e de monitoramento eletrônicos) também seguem a divisão de blocos estabelecida. Para o túnel de ligação do poço com o túnel de conexão estabeleceu-se um único módulo de ajuste, como sua repetição tantas vezes que se fizer necessário. As figuras 9 e 10 apresentam a divisão dos blocos de duas tipologias. É importante observar que os blocos se repetem entre as tipologias, com exceção dos blocos P1 e P4, fato este que representa um benefício para a universalização do entendimento do padrão de diferentes tipologias pelos profissionais que gerenciam a implantação do empreendimento, pois elas mudam apenas em parte. Traz a vantagem, também, de facilitar o desenvolvimento dos projetos modulares visto que, desenvolvido uma tipologia as demais estarão parcialmente prontas.

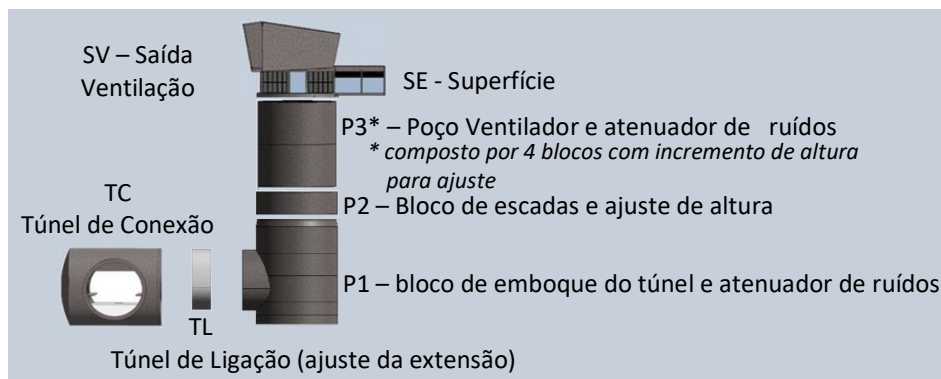


Figura 9- VSE com poço lateral ao túnel das vias - divisão em blocos padrões

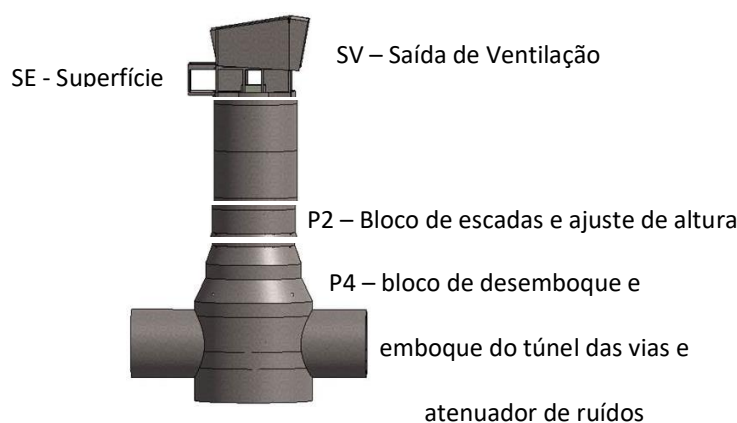


Figura 10 - VSE com poço sobre o túnel das vias – divisão em blocos

ESCAVAÇÕES

Do ponto de vista geotécnico são raras as vezes em que é possível conceber projetos padronizados para diferentes cenários geológico/geotécnicos e que resultem soluções otimizadas. No caso dos projetos de escavações de túneis e poços, a prática recomenda que estes sejam desenvolvidos de maneira específica para as condições geológico geotécnicas do local de implantação. Tais projetos possuem diversas particularidades em termos de

diferentes abordagens de concepção, tipos de condicionamento do maciço, partidos estruturais e de parcialização das escavações, materiais adotados e, logicamente, abordagens de projeto e conceitos que dependem da experiência de cada projetista.

O desafio enfrentado no projeto de padronização da VSE foi definir referências e recomendações para as estruturas provisórias de contenção (suportes) do poço e do túnel de interligação, que padronizassem os procedimentos de cálculo sem interferir na prática usual dos projetos de escavação. Assim, os estudos realizados avaliaram a variabilidade de resultados em termos de dimensionamento do suporte das escavações, frente à diversos cenários geotécnicos distintos possíveis do local de implantação da VSE, obtendo a sensibilidade de resposta das estruturas de contenção de cada método de construção.

A partir dos resultados obtidos de diversos modelos de cálculos baseados em premissas de parcialização de escavação, passo de avanço, cenários geológicos/geotécnicos simplificados e diferentes profundidades foi possível estimar faixas de espessuras dos suportes e respectivas taxas de armação necessárias para conter as escavações, para o poço e para os túneis de ligação e de conexão. Como conclusão entendeu-se que os resultados obtidos podem e devem ser utilizados como referência para o dimensionamento destas estruturas de suporte pelo projetista e, também, na análise técnica destes projetos pelos responsáveis por sua verificação.

Inicialmente foram avaliadas as condições geológicas/geotécnicas dos poços projetados na cidade de São Paulo, entre os já implantados e os com projeto básico elaborado, para observar a variabilidade dos maciços em termos de estratigrafia, formações geológicas,

hidrogeologia e parâmetros geotécnicos de resistência e deformabilidade. A partir deste estudo foi possível estabelecer cenários médios e modelos geológico geotécnicos homogêneos para simulações numéricas através de métodos de elementos finitos, (figura 12). Além da variação de características geotécnicas do maciço foram elaborados modelos com diversas profundidades de implantação do túnel de ligação.

Como premissas de projeto foi considerado que o emboque do túnel de ligação a partir do poço só será realizado após conclusão do seu revestimento secundário. Já a passagem da tuneladora através do túnel de ligação seria feita ainda com o suporte em sua fase provisória, sendo necessária a realização de uma estrutura de reforço para permitir a redistribuição dos esforços quando da realização das aberturas na projeção do túnel de via. Tal reforço é solidário e incorporado ao suporte primário antes da passagem da tuneladora. (figura 11).

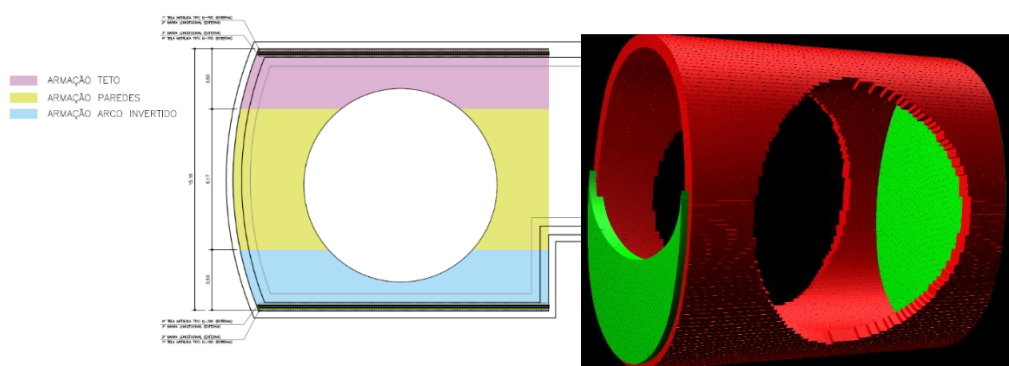


Figura 11- Modelo 3d do reforço do revestimento primário do túnel de ligação

No caso dos túneis de ligação foram desenvolvidos modelos partindo-se da premissa de um tipo único de parcialização (máximo) das escavações, considerando-se três arcos invertidos provisórios e um definitivo, e sem adoção de galeria lateral. Logicamente, durante a fase de desenvolvimento dos projetos geotécnicos específicos para cada local de implantação do poço e túnel de ventilação a parcialização mais adequada às condições geotécnicas locais deverá ser adotada. O mesmo deverá ocorrer nos tipos de condicionamento do maciço a serem empregados para garantir condições de estabilidade das escavações e seu bom andamento, tais como tratamentos do maciço e controle do nível freático.

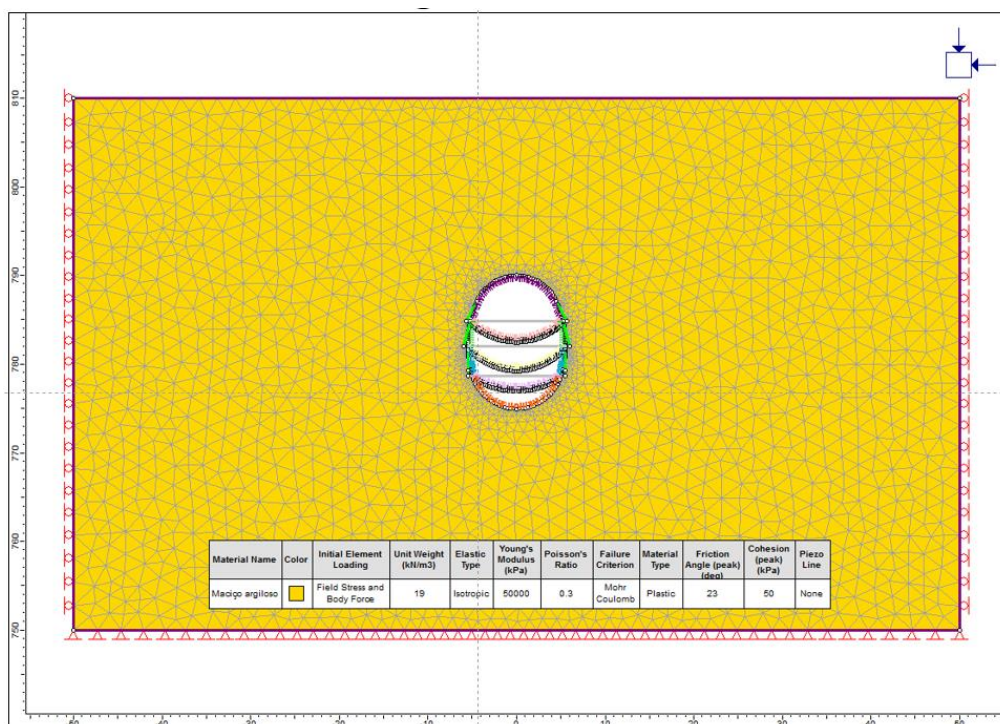


Figura 12- Cálculo 2D do túnel de conexão em solo argiloso, com calota e 3 rebaixos (Malha de elementos finitos)

Importante ressaltar que nos modelos de cálculo desenvolvidos não foram considerados os efeitos de eventuais tratamentos do maciço, o que certamente conferiria benefícios e melhorias em relação aos cálculos realizados, quanto às deformações e estabilidade do

maciço, e características do suporte. Quanto ao controle da água subterrânea as modelagens consideraram a realização das escavações em condições drenadas.

Como resultado de inúmeras modelagens numéricas realizadas, cerca de uma centena de processamentos, observou-se uma variabilidade relativamente pequena nas espessuras e taxas de armação do suporte de contenção das escavações do poço, para uma determinada profundidade, mesmo em condições geotécnicas bastante distintas entre si. Já no caso do túnel, para uma mesma profundidade e diferentes cenários geotécnicos, as variações nas características da estrutura de suporte observadas nos resultados das modelagens e dimensionamentos foram bem maiores.

A figura 13 apresenta os resultados da variação de espessura do revestimento primário com a profundidade do poço, referência para o início dos cálculos e dimensionamento dos poços e túneis da VSE no local de sua implantação. Após os cálculos e dimensionamentos iniciais das estruturas de contenção verifica-se a suficiência ou não das espessuras de referência utilizadas. Se adequadas, a etapa estará concluída. Caso contrário, novos processamentos deverão ser feitos até se obter as espessuras que atendam a todas as condições e que deverão ser utilizadas no detalhamento do projeto.

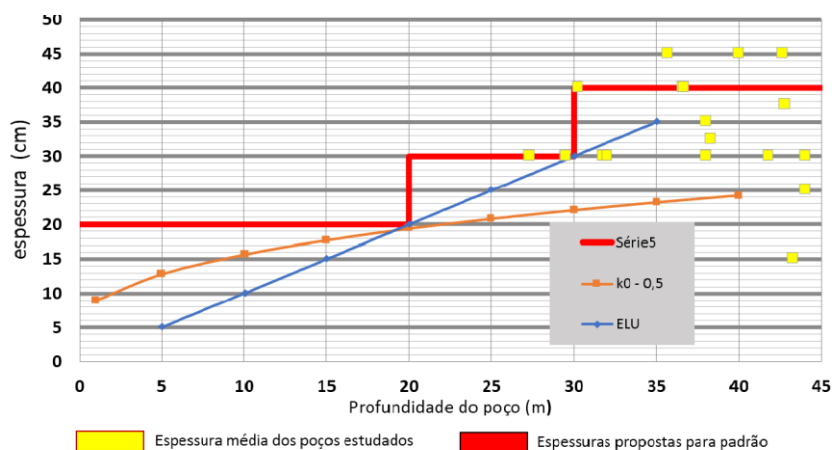


Figura 13 -Variabilidade da espessura do revestimento primário do poço

ESTRUTURAS

As análises das estruturas internas, laje de fundo e revestimento secundário do poço foram realizadas com o programa Strap 2016. Em relação à estrutura interna, os níveis que compõem o poço foram analisados de forma independente estabelecendo, como condição de contorno, apoios simples para simular sua vinculação às paredes definitivas. As dimensões definidas para os elementos da estrutura interna são consideradas definitivas pois os carregamentos adotados na análise de cada nível não devem sofrer alterações, contudo, como considera-se a possibilidade de variação de altura total do poço e consequentemente um número variável de níveis, haverá flutuação da taxa de armação de paredes e pilares.

O modelo para análise do revestimento secundário foi concebido sem as estruturas internas e com a abertura para emboque do túnel de ligação. Como condição de contorno, adotaram-se apoios simples ao longo do perímetro da laje de fundo e, ao longo da altura das paredes, foram empregadas molas horizontais unidirecionais com valor constante (kh). Considerou-se

atuação do empuxo correspondente a contribuição de parcela hidrostática e do solo variando linearmente ao longo da altura. Na figura 14 é possível identificar que a abertura no poço conduz a concentrações de esforços normais no seu entorno e ao surgimento de esforços de flexão. Por esta razão, determinou-se a espessura do poço até a altura de 13 m a partir do topo da laje de fundo com base nos esforços críticos imediatamente sobre e na região lateral da abertura. Acima desta altura, a influência da abertura nos esforços da parede é minimizada e a espessura pode ser reduzida. O mesmo estudo foi feito para diferentes alturas totais do poço com variação de 5 m de forma a estabelecer uma correlação entre faixas de altura e espessura. As espessuras definidas neste estudo, Figura 15, são referenciais pois não seria viável abranger todas as configurações geológico-geotécnicas possíveis.

Na determinação da espessura da laje de fundo em relação às faixas de altura do poço foi levado em conta, além dos esforços dimensionantes, aspectos econômicos e executivos. Do ponto de vista econômico foi considerado que o aumento da espessura acarreta, além do óbvio acréscimo no volume de concreto, o aumento do volume de escavação, porém, em contrapartida proporciona redução da taxa de armação e uma menor faixa com armadura para cisalhamento, cuja execução é mais laboriosa. A figura 16 é produto destas avaliações e deverá ser utilizada como referencial pelas mesmas limitações de abrangência mencionadas em relação ao dimensionamento do revestimento secundário.

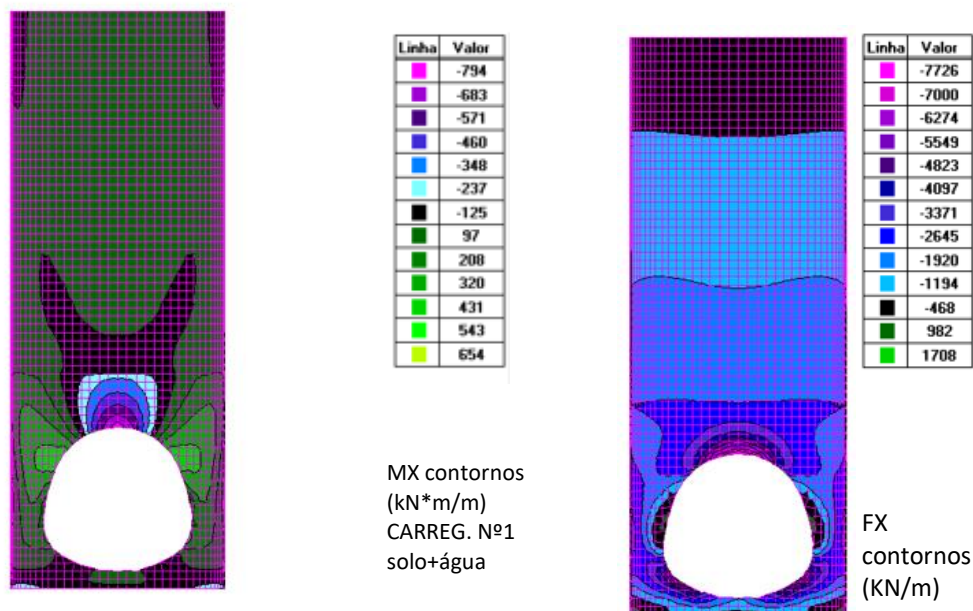


Figura 14 Cálculo do revestimento secundário do poço

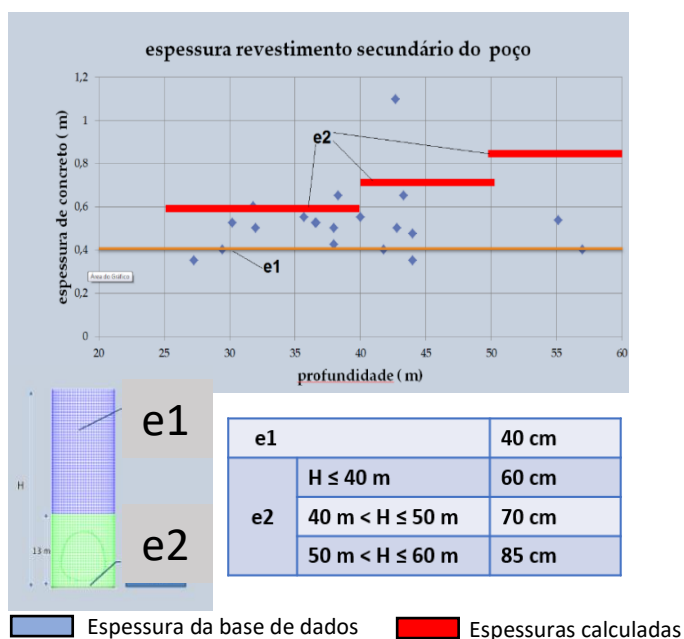


Figura 15 Espessura do revestimento secundário do poço

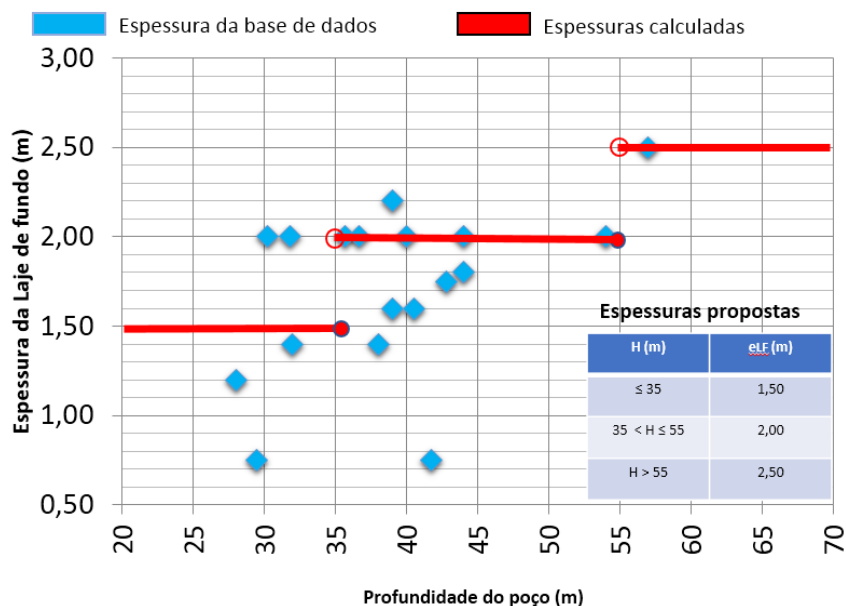


Figura 16 -Espessuras da laje de fundo do poço

CONCLUSÕES

NOVA FORMA DE PROJETAR

A elaboração do projeto consistirá:

1. Na montagem da Ventilação no local onde será implantada.

Os módulos padrões se constituem na base para a montagem da ventilação no local onde será implantada, incluindo seu posicionamento em relação ao traçado da via principal. Os módulos contêm as modelagens em RVT, IFC e PDF para o presente e futuro, atestando sua originalidade e possibilitando seu uso de diferentes maneiras. A montagem da ventilação será feita no sistema federado, para cada especialidade. Na

figura 17 é apresentada o modelo para montagem completa da ventilação, com os módulos padrões sendo posicionados por meio de recurso “link” nos níveis apropriados.

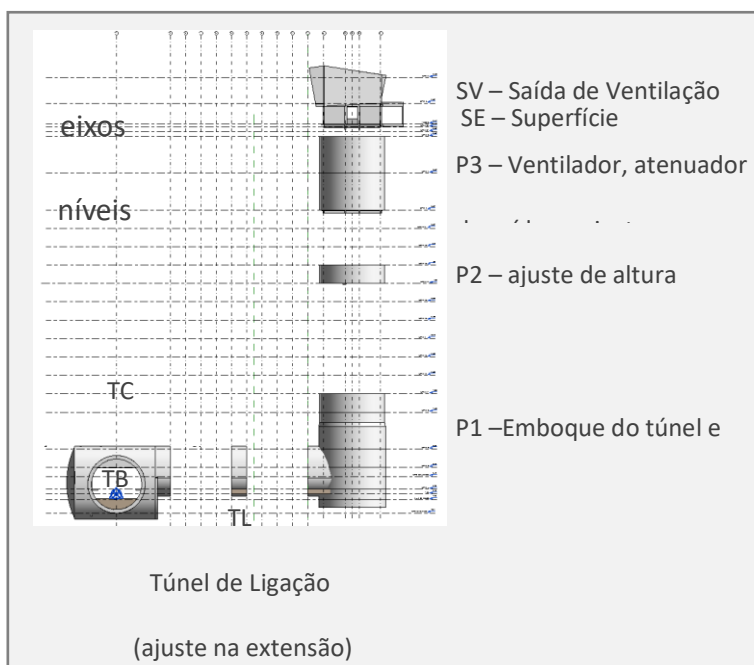


Figura 17 – Montagem da ventilação no local de implantação

Nessa fase, a utilização do Projeto Modular proporcionará os seguintes benefícios:

- a. eliminará o estudo de concepção que demanda tempo, sendo uma das fases mais críticas para a qualidade do projeto;
 - b. reduzirá mudanças de projeto devido aos estudos antecipados.
2. No dimensionamento e detalhamento das estruturas acima da superfície e das estruturas internas e variáveis
- a. Os processamentos e dimensionamentos partirão de situações pré dimensionadas, tais como aquelas apresentadas na figura 12, devendo ser confirmadas para o local de implantação da ventilação ou justificadas se alteradas;

3. Na reurbanização e paisagismo da área de implantação
 - a. Elaboração de projetos de forma convencional tais como terraplenagem, muros de arrimo, ligações de utilidades públicas e outros.
4. No projeto das escavações;
5. Nos projetos de Sistemas;
6. No detalhamento dos desenhos e documentação.

NOVA FORMA DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DO PROJETO

A análise e aprovação do projeto consistirá na verificação ao atendimento das premissas do Projeto Modular.

Nessa fase, a utilização do Projeto Modular proporcionará os seguintes benefícios:

- eliminará a necessidade de análise da concepção que demanda tempo das equipes;
- focará a análise em pontos de fundamental importância, com prévio treinamento das equipes nas premissas do Projeto Modular.

BENEFÍCIO ESPERADOS

1. A concepção padrão das ventilações poderá ser desenvolvida, ou melhorada, previamente aos contratos de projeto, evitando ou reduzindo:
 - a. interferências nos prazos e custos do projeto;
 - b. mudanças de projeto devido estudos antecipados e soluções padronizadas;
 - c. riscos de gestão e aditivos de prazos e custos;

- d. demandas dos órgãos de fiscalização;
- 2. A concepção das ventilações passa a ser única e padronizada.
 - a. ganhará em escala na implantação de novas linhas;
 - b. Possibilitará o reaproveitamento de materiais de obra e;
 - c. maior clareza e conhecimento das soluções técnicas de projeto e de construção

USO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO - BIM

Dentro do programa de universalização do BIM no Metrô de São Paulo, o Núcleo de Padronização de Unidades Construtivas vem estimulando e coordenando a aplicação da modelagem 3D, por meio do software Revit, em seus trabalhos. A associação entre o conhecimento (expertise da empresa) e o BIM, referida anteriormente, faz parte da estratégia adotada para aumentar a transparência, entre as diversas áreas de especialização e atores envolvidos, das soluções de engenharia, espaços arquitetônicos, elementos de construção e de sistemas elétricos, eletrônicos e eletromecânicos utilizadas no projeto de concepção de estações, ventilações, vias, pátios e outros a fim de incrementar a qualidade do projeto e a produtividade em sua elaboração.

A modelagem da informação da construção (BIM) está permitindo analisar exaustivamente a concepção das VSE, das salas técnicas e das estações, pela equipe técnica do Metrô, em um ambiente de colaboração na busca das melhores soluções, permitindo um lento, mas constante aprimoramento dessas unidades construtivas. A persistir, em algum momento no futuro, a padronização possibilitará importantes incrementos no conhecimento e no

domínio da integração das partes que compõem os projetos, tais como concepção, elementos estruturais, via permanente e sistemas. Paulatinamente, em virtude dos padrões estabelecidos para cada unidade, será possível aplicar o ciclo de desenvolvimento de melhorias contínuas dos projetos.

Nos modelos BIM, todos os dados de elementos utilizados no projeto, tais como pilares, vigas, lajes, gabaritos dinâmicos, via permanente, sistemas elétricos, eletromecânicos e eletrônicos, trens e outros ficam disponíveis para conhecimento e consulta no próprio modelo, tendo em vista que eles são desenvolvidos a partir dessas informações. Os modelos 3D resultantes apresentam a materialização virtual ou impressa da futura VSE ou estação a ser construída, podendo ser compreendida e planejada sob quaisquer ângulos que se deseje analisar, permitindo treinar as equipes técnicas antecipadamente ao início das obras.

As figuras 18 (a e b) e 19 exemplificam o desenvolvimento dos modelos das VSE nas várias especialidades envolvidas, incluindo impressão 3D.

A figura 18 (a) mostra o modelo da VSE em uma perspectiva de análise das estruturas do túnel de conexão com o túnel das vias, dos dutos verticais de ventilação, das estruturas da saída de emergência na superfície e da frontal da saída de ar

A figura 18 (b) apresenta o modelo da VSE por outra perspectiva com o túnel de ligação e de conexão abaixo, as escadas de saídas de emergência e as estruturas acima da superfície

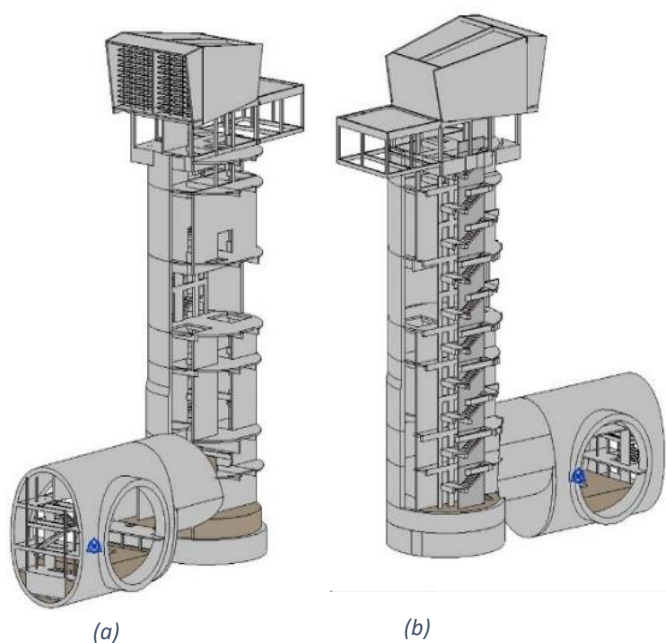


Figura 17- Estruturas da VSE

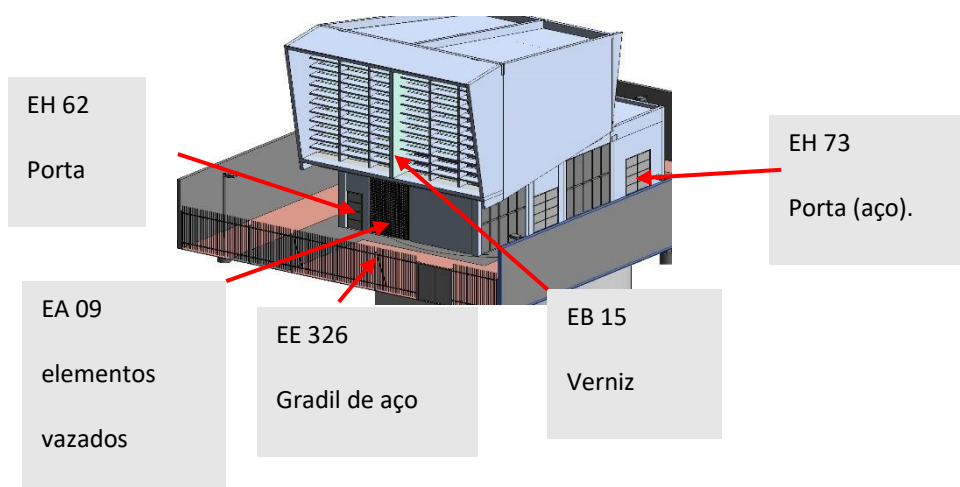


Figura 18-Elementos da Ventilação

A figura 20 mostra o modelo das instalações de ventilação no interior do poço e na superfície.

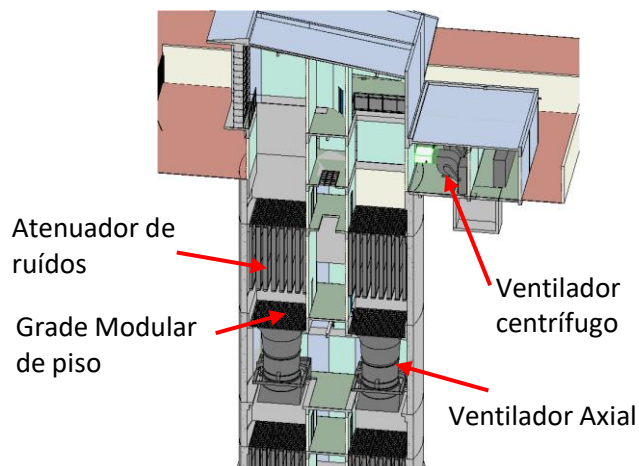


Figura 19-Elementos da Ventilação

A figura 21 apresenta um exemplo de desconstrução virtual da VSE, isolando somente as instalações de sistema, permitindo antever os trabalhos a serem realizados

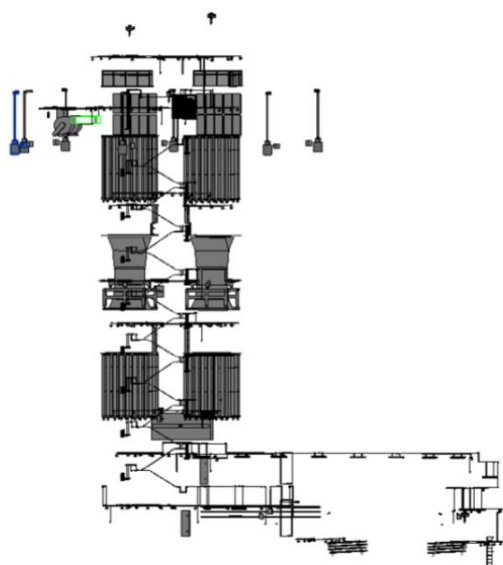


Figura 21 - Modelo Revit das instalações de sistemas

No modelo da figura 22 são apresentadas luminárias da VSE e dutos de caminhamento de cabos de energia, nos túneis de ligação e conexão com o túnel das vias e no poço.

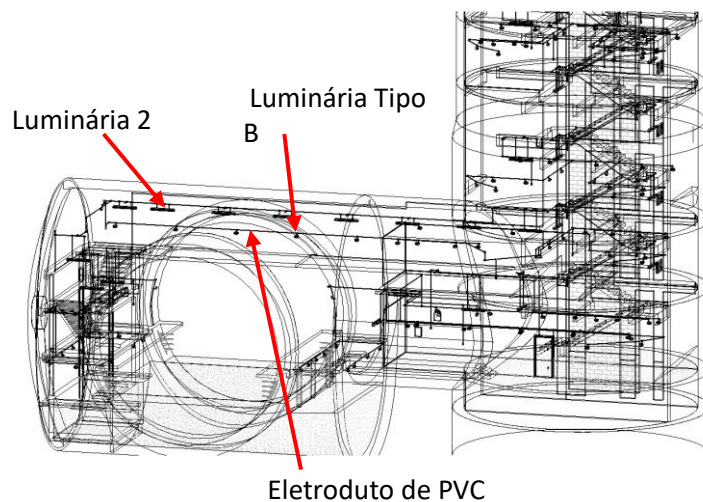


Figura 22-Iluminação da VSE

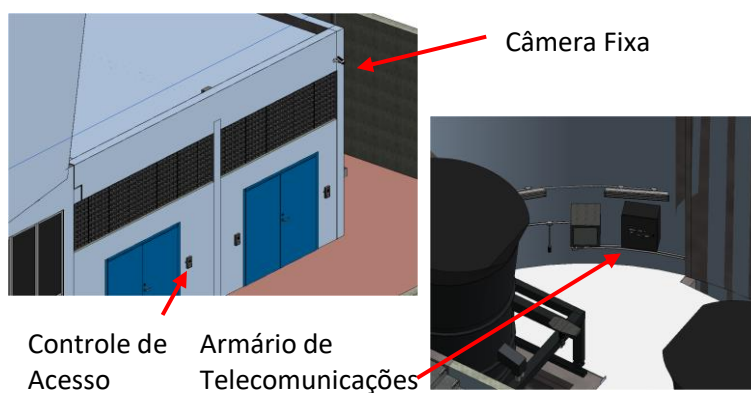


Figura 23-Dispositivos de telecomunicações utilizados na VSE

A figura 24, mostra as instalações hidráulicas com bombas de recalque e suas tubulações situadas no túnel de conexão da VSE com o túnel das vias.

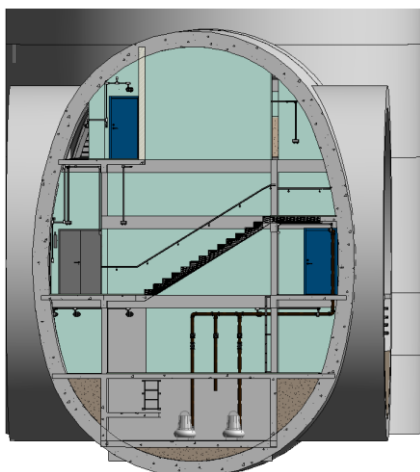


Figura 24-Hidráulica da VSE

IMAGENS DE IMPRESSÃO 3D DA VSE

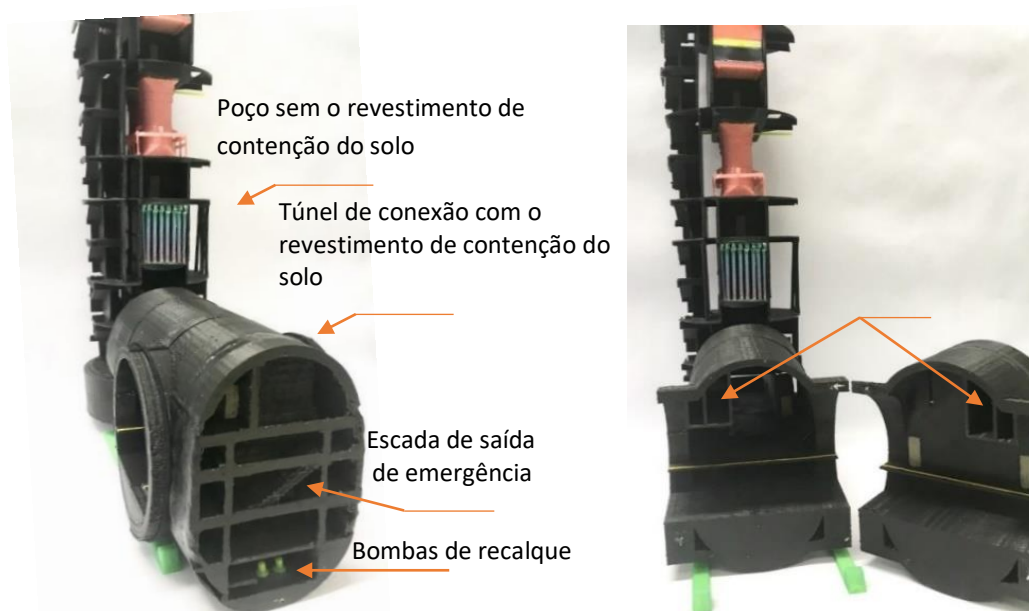


Figura 25-Impressão de modelo 3D (vista frontal do túnel de conexão da VSE com o túnel das vias)