Alamys

Associação Latino-Americana de Metrôs e Subterrâneos

GUIA PARA O GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS

GUIA PARA O GERENCIAMENTO DE PROJETOS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS

COMITÊ EDITORIAL

Secretário Geral: Roland Zamora V.

Chefe da Secretaria Geral: Constantin Dellis.

Engenharia de Estudos: Fernanda Carrillo C.

Editora geral: Daniela Barría R.

Consultor externo: José Barboza M.

Assistente Secretaria Geral: Karen Ahumada S.

Desenho: Motif Diseño y Comunicación.

Santiago, Chile. 2018. Todos os direitos reservados ALAMYS

Secretaria Geral da ALAMYS

Av. Libertador Bernardo O'higgins 1414, Santiago, Chile.

Mail: secretaria@alamys.org

Telefone: +56 2 2937 3276

Documento disponível (só para sócios com usuário e senha) em: **www.alamys.org**

En el caso de No Asociados, se debe escribir al correo electrónico de la Secretaría General.

A reprodução de qualquer conteúdo deste documento pode ser realizada citando a fonte e a autoria da ALAMYS e informando previamente a secretaria@alamys.org.

TABELA DE **CONTENIDOS**

1

Introdução 5

2

Contexto Ibero-Americano 9

3

Plannejamento 17

3.1. Análise legal e cronograma do projeto 19
3.2. Análise do entorno (expansão urbana) 25
3.3. Estudo de demanda 34
3.4. Análise de alternativas 41
3.5. Escolha de métodos construtivos 43
3.6. Orçamento referencial 46
3.7. Fluxo financeiro 49
3.8. Relações com a comunidade e o meio ambiente 51
3.9. Conclusões 55

4

Modelo de Negócio e Financiamento 57

4.1. Escolha de um Modelo de Negócio 59
4.2. Tipos de Modelo de Negócio existentes 64
4.3. Casos de Modelo de Negócio existentes na ALAMYS 68
4.4. Conclusões 73

5

Construção 75

5.1. Considerações prévias 77
5.2. Engenharias do projeto na etapa de construção 90
5.3. Planejamento da execução do projeto 101
5.4. Construção de obras civis 108
5.5. Sistemas e equipamentos 153
5.6. Interfaces 160
5.7. Relações com a comunidade e o meio ambiente 162
5.8. Conclusões 164

6

Operação 167

6.1. Etapa de desenho do Modelo Operacional 169
6.2. Colocação em Serviço 177
6.3. Etapa de operação 183
6.4. Relações com a Comunidade e o Meio Ambiente 180
6.5. Conclusões 191

7

Conclusões gerais 193

8

Glossário 197

9

Bibliografia 203

10

Agradecimentos 207

1. INTRODUÇÃO

Em resposta à necessidade de compartilhar as preocupações e as experiências dos Sistemas de Transporte de Passageiros sobre Trilhos (STPST) e considerando os antecedentes e o exemplo de outras organizações internacionais, em 1986 foi assinado um acordo, do qual resultou, um ano depois, na primeira reunião e na constituição oficial da Associação Latino-americana de Metrôs e Subterrâneos (ALAMYS) em Caracas, Venezuela, formada pelas entidades da América Latina e da Península Ibérica que operassem STPST, denominadas "Parceiros Principais". Posteriormente, foram se integrando empresas de abrangência mundial fornecedoras de produtos e serviços do setor, categorizadas como "Parceiros Aderentes".

Após três décadas, no início de 2018, a ALAMYS conta com 45 Parceiros Principais e 42 Parceiros Aderentes que, em conjunto, operam mais de 2.603 km de vias de STPST em suas diferentes modalidades: em superfície, subterrâneos, elevados e em soluções mistas.

O principal objetivo da ALAMYS tem sido, e continuará em sua essência, o compartilhamento de experiências e a promoção de conhecimentos que conduzam à implantação de melhores práticas entre seus membros, permitindo o desenvolvimento e a implementação de STPST, contribuindo com a qualidade de vida dos habitantes e com a mobilidade sustentável das cidades da região.

Durante a última década houve importante crescimento dos STPST na América Latina, na Espanha e em Portugal. Dentre os Parceiros Principais da ALAMYS destacam-se: a inauguração em Lima, Peru, da primeira linha do metrô, em 2012; o início de operação da Linha 1 do Metrô do Panamá, na Cidade do Panamá, em 2014, a atual construção da Linha 2, e o planejamento da Linha 3 na Cidade do Panamá; a entrada em operação da Linha 1 do Metrô de Málaga, Espanha, em 2014; a inauguração da Linha 6 do Metrô de Santiago, Chile, em 2017, ao mesmo tempo que a Linha 3 era construída.

No entanto, o desenvolvimento sustentado de modos de STPST ainda é insuficiente, em decorrência do crescimento extraordinário da demanda gerada pelo crescimento constante da população urbana na América Latina. "A urbanização em escala global é irreversível, hoje atinge a mais de 50% da população e será de 75% em 2050, seguindo os passos da América Latina que nos últimos 65 anos passou de 40% a mais de 80%". (Banco Mundial, 2017).

O grande crescimento da população urbana das cidades da América Latina e a necessidade de melhorar a qualidade de vida dos habitantes das cidades mediante experiências satisfatórias de viagem, com menores tempos de deslocamento e em condições de conforto, criam uma oportunidade para os parceiros da ALAMYS, os quais compartilham a premissa de que os projetos de STPST são a ferramenta eficaz para a conquista desses objetivos.

Assim, a oportunidade que surge da necessidade de diminuir a lacuna entre a demanda e a procura de serviços de transporte público, com altos padrões de serviço, gera também um desafio: como seria um desenvolvimento de projetos eficientes de STPST, que incorpore o melhor do estado da arte, tanto na expansão de redes existentes, como em áreas onde há necessidade de incorporar este modo no sistema de transporte.

O crescimento de projetos nas diferentes redes e a diversidade de enfoques (modelo de negócio, decisões de construção: túnel, elevado, etc., financiamento com um grande contrato ou com vários deles, definição do modelo de operação e seu relacionamento com equipamentos e sistemas próprios ou de terceiros), fez com que cada um dos

Parceiros Principais da ALAMYS enfrentasse uma preocupação permanente: as melhores decisões estão sendo tomadas ou todas as alternativas à disposição na hora de planejar um projeto de STPST estão disponíveis?

A ALAMYS consciente desse desafio criou o Grupo de Gerenciamento de Projetos (GGP) com o objetivo de aprofundar essas discussões, mas não necessariamente por meio da criação de uma "receita" sobre como gerir projetos, mas da amplitude da visão do estado da arte e de como continuar aprendendo com a experiência de todos os Parceiros Principais.

O GGP foi formado após o convite feito pela Secretaria Geral da ALAMYS a seus Parceiros Principais para uma participação voluntária. Em 2016, nove deles responderam ao chamamento: Metrô de Medellín (Colômbia), Metrô de Quito (Equador), Linha 1 Metrô de Lima (Peru), Metrô de Santiago (Chile), Metrô Rio (Brasil), Autoridade Autônoma de Transporte Elétrico – AATE (Peru), Autoridade de Transporte Metrôpolitano de Barcelona – ATM (Espanha), Subterrâneos de Buenos Aires (Argentina) e Metrô de Madri (Espanha).

Durante o processo de trabalho se estabeleceu a necessidade de adicionar outros atores, incorporando os Parceiros Aderentes e as entidades multilaterais, inscrevendo-se voluntariamente em 2017: CITEF, Ingerop, Stadler, Egis, Thales, Ineco, Giro, Lima Cómo Vamos, Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF), Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

Durante três anos o GGP coletou e gerou informações necessárias para cumprir com o objetivo proposto, realizando reuniões em diferentes cidades ibero-americanas, analisando documentos em profundidade, discutindo sobre as diferentes experiências de cada um, e consolidando finalmente suas conclusões neste "Guia para o Gerenciamento de Projetos de STPST".

O objetivo do Guia é propor e expor as chaves de sucesso e os desafios que os parceiros da ALAMYS e os desenvolvedores externos têm encontrado na hora de materializar seus projetos de STPST, em todas as etapas que o gerenciamento desses sistemas envolve: no planejamento, no modelo de negócios e financiamento, na construção e operação, atendendo em cada uma delas à transversalidade da necessidade de um relacionamento adequado com a comunidade e a execução de projetos sustentáveis.

Os objetivos específicos da publicação deste Guia são:

a. Análise do contexto ibero-americano onde o gerenciamento dos projetos de STPST é desenvolvido, apresentando a explosiva, mas ainda insuficiente, participação desse modo de transporte.

b. Apresentação das principais considerações a serem levadas em conta na etapa de planejamento dos projetos, incluindo a análise do entorno, o estudo da demanda, o desenho construtivo e a escolha dos métodos construtivos, entre outras.

c. Análise dos principais aspectos necessários para a definição do modelo de negócios e do financiamento de um projeto desse tipo.

d. Análise e apresentação do estado da arte nos processos de elaboração de projetos.

e. Estudo dos principais aspectos a serem considerados na etapa de operação dos projetos de STPST, atendendo à especificidade dos diferentes modelos operacionais.

f. Destaque da importância das relações com a comunidade e o meio ambiente em cada uma das etapas indicadas anteriormente.

¿BUSCAS
EMPLEO?
Ayudarle con la tarea
te cuesta poco.
Arriba tu familia hombres.

2. CONTEXTO *IBERO-AMERICANO*

A tendência mundial de crescimento das cidades, nas próximas décadas, parece ser inevitável. Conforme o tempo avança e as cidades se desenvolvem, constata-se um inegável aumento da população urbana.

No continente americano a situação não é diferente. Na América Central, a taxa de urbanização passou de 33,1% em 1950, para 69,8% em 2010 e na América do Sul, durante o mesmo período, a taxa aumentou de 42,5% para 81,5% (CELADE - División de población de la CEPAL., 2016), estimando-se que para toda a região, em 2025, a população urbana será de 82,8% (CEPAL , 2002), fenômeno acompanhado de um aumento do tamanho e da densidade das cidades.

Pode-se destacar, então, que algumas das razões que explicam esse processo são:

- Crescimento tendencial da população
- Deslocamento de população rural para zonas urbanas
- Maior renda per capita, o que aumenta a procura de cidades maiores

Esse crescimento evidentemente resulta em uma pressão maior por sistemas de transporte massivos, eficientes e de qualidade, que permitam atender de forma adequada às necessidades decorrentes do aumento da mobilidade dos habitantes das cidades (Figura 2.1).

Nesse sentido, é possível afirmar que, tanto globalmente, como para a maior parte da região ibero-americana onde está focado o estudo geográfico deste Guia, existem três modalidades principais para atender às demandas de mobilidade da população: transporte privado, transporte público massivo e transporte ativo (de bicicleta e a pé).

Figura 2.1

"Evolução do transporte de pessoas e de carga"

Fonte: International Transport Forum de OCDE, 2011.

A história dos associados da ALAMYS mostra que o desenvolvimento de projetos de STPST iniciou-se em 1863, com a construção da primeira linha de Ferrocarrils da Generalitat de Catalunya (FGC), em Barcelona, Espanha (Figura 2.2) e em 1867, com a criação da Companhia Paulista de Trens Metrôpolitanos (CPTM) de São Paulo, Brasil.

Figura 2.2

"Linha 1 de FGC: unidade de trem na rua Balmes de Barcelona, Espanha"

Fonte: Spanish Railway, 2012.

Desde então, contabilizam-se mais de 150 anos de desenvolvimento e operação de linhas de STPST nas cidades ibero-americanas, sendo os projetos de construção e/ou expansão do Metrô de Lima (Lima, 2012), Metrô do Panamá (Cidade do Panamá, 2012), Metrô de Málaga (Málaga, 2014), Trem Central (Santiago do Chile, 2017) e a Linha 6 do Metrô de Santiago (Santiago do Chile, 2017), junto com os recentes projetos do Metrô de Bogotá e do Metrô de Quito (atualmente em planejamento e construção de suas primeiras linhas).

Figura 2.3

"Linha 6 do Metrô de Santiago, Chile, em 2017"

Fonte: La Nación, 2018.

Assim, pode-se afirmar que houve um aumento explosivo de projetos de STPST durante as últimas duas décadas na região, especialmente no Cone Sul americano, conforme a Figura 2.4..

Tabela 2.1

"Ano de inauguração de STPST Parceiros da ALAMYS"

OPERADORA	CIUDAD	AÑO INAUGURACIÓN
FGC	Barcelona, Espanha	1863
CPTM	São Paulo, Brasil	1867
SBASE	Buenos Aires, Argentina	1913
Metrô de Madri	Madri, Espanha	1919
TMB	Barcelona, Espanha	1924
Metrô de Lisboa	Lisboa, Portugal	1959
STC - Metrô CDMX	Cidade do México, México	1969
Metrô São Paulo	São Paulo, Brasil	1974
Metrô de Santiago	Santiago, Chile	1975
Metrô Rio	Rio de Janeiro, Brasil	1979
Trensurb	Porto Alegre, Brasil	1980
TFM	Madri, Espanha	
Metrô de Caracas	Caracas, Venezuela	1983
FGV – Alicante*	Alicante, Espanha	1987
FGV – Valencia*	Valencia, Espanha	1988
SITEUR	Guadalajara, México	1989
Metrôrrey	Monterrey, México	1991
Metrô de Medellín	Medellín, Colômbia	1995
Metrô de Bilbao	Bilbao, Espanha	
Metrô de Valparaíso	Valparaíso, Chile	
Supervia	Rio de Janeiro, Brasil	1998
Metrô do Porto	Porto, Portugal	2002

OPERADORA	CIUDAD	AÑO INAUGURACIÓN
Trambaix**	Barcelona, Espanha	2004
Trambesòs**	Barcelona, Espanha	
Metrô de Tenerife	Tenerife, Espanha	2007
VLT de Parla	Parla, Espanha	
VLT de Madrid	Madri, Espanha	
VLT Oeste	Madri, Espanha	
OPRET	Santo Domingo, Rep. Dominicana	2009
Metrô de Sevilha	Sevilha, Espanha	
ViaQuatro	São Paulo, Brasil	2010
VLT de Múrcia	Múrcia, Espanha	2011
Linha 1 - Metrô de Lima	Lima, Peru	2012
VLT de Zaragoza	Zaragoza, Espanha	2013
Metrô do Panamá	Cidade do Panamá, Panamá	2014
Metrô de Málaga	Málaga, Espanha	
Sistemas Ferroviários Suburbanos de CDMX	Cidade do México, México	
Trem Central	Santiago, Chile	
VLT de Ayacucho***	Medellín, Colômbia	2016
VLT Rio	Rio de Janeiro, Brasil	
VLT de Puebla	Puebla, México	2017
Metrô Granada	Granada, Espanha	2017

*Pertencente ao Parceiro Principal FGV.
**Pertencente ao Parceiro Principal TRAM.
***Pertencente ao Parceiro Principal Metrô de Medellín.

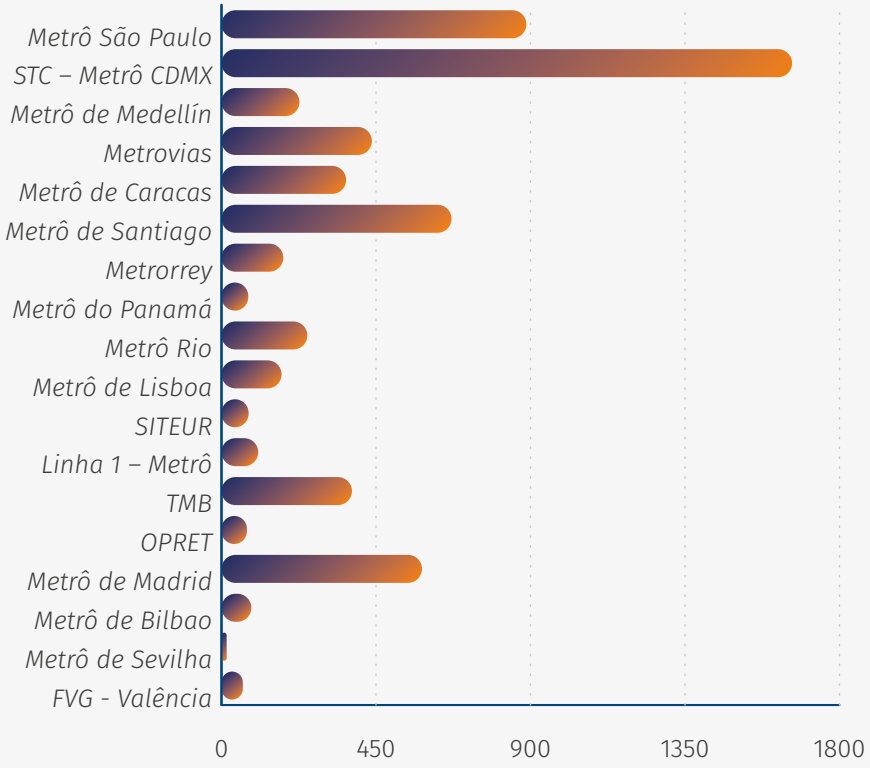
Fonte: ALAMYS[1]

1 Atualizado no primeiro semestre de 2018.

As operadoras de STPST associadas à ALAMYS transportam anualmente mais de 7.400 milhões de passageiros, possuem 2.603 km de vias (Figuras 2.5 e 2.6), das quais, 54% correspondem a soluções do tipo "metrô" e 46 % a "trem suburbano".

Figura 2.4

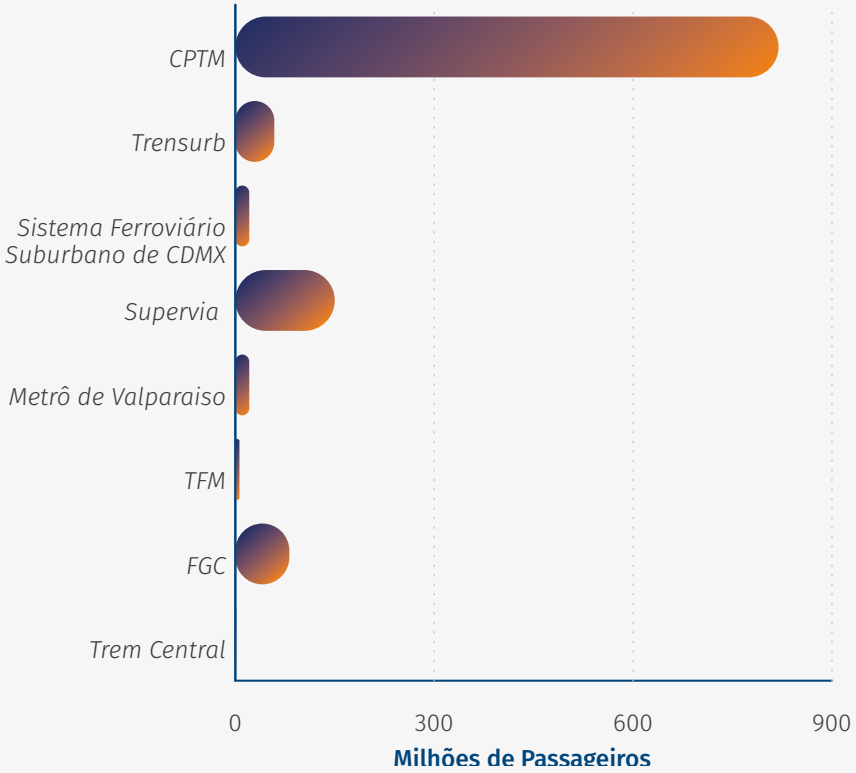
"Passageiros transportados por ano em sistemas de metrô, 2017"



Fonte: ALAMYS[2]

Figura 2.5

"Passageiros transportados por ano em sistemas de trem suburbano, 2017"



Fonte: ALAMYS[3]

2 Atualizado no primeiro semestre de 2018.

3 Ibídem.

Contudo, é correto afirmar que o desenvolvimento dos projetos de mobilidade sobre trilhos está associado, por uma parte, com o aumento da demanda de serviços de transporte e, por outra, com as vantagens que esses sistemas representam em relação aos outros modos, as quais estão apresentadas em indicadores de satisfação do cliente, conforme o Quadro 2.1.

A pesquisa de satisfação dos usuários do transporte público na cidade de Guangzhou, China, faz a comparação de diferentes indicadores entre sistemas de transporte público massivo de ônibus tipo Bus Rapid Transit (BRT), ônibus e metrô.

Quadro 2.2

"SSatisfação do usuário de transporte público em Guangzhou, China"

	BRT		ÔNIBUS		METRÔ	
	MÉDIA	RANKING	MÉDIA	RANKING	MÉDIA	RANKING
Satisfação geral	3,56	-	3,03	-	4,15	-
Custo da viagem	3,78	1	3,65	1	3,41	13
Facilidade do uso	3,55	2	3,14	5	4,04	4
Tempo de viagem (porta a porta)	3,54	3	2,96	8	4,13	2
Evitar o estresse/custo do uso de carro (congestionamento, estacionamento, acidentes, outros)	3,47	4	3,15	4	3,68	11
Frequência	3,47	5	2,93	9	4,17	1
Conveniência do serviço (que o leva onde precisar ir, estacionamentos, etc.)	3,46	6	3,17	2	3,87	8
Segurança nas estações ou em paradas (acidentes e/ou crime)	3,45	7	2,98	7	3,98	5
Segurança durante a viagem (acidentes e/ou crime)	3,44	8	3,07	6	3,92	7
Horas de serviço	3,41	9	3,15	3	3,85	9
Confiabilidade	3,39	10	2,92	10	3,98	6
Conforto durante a espera	3,34	11	2,81	14	4,08	3
Conforto durante a viagem	3,26	12	2,86	13	3,85	10
Atendimento ao passageiro	3,21	13	2,89	12	3,67	12
Outros passageiros (se sentir seguro, se sentir bem)	3,13	14	2,9	11	3,38	14

Fonte: World Society for Transport and Land Use, 2016, ALAMYS, 2017.

Os indicadores mostram as vantagens do sistema de STPST, em relação aos outros modos, com ênfase em: facilidade de uso, tempo da viagem, frequência, segurança nas estações e conforto durante a espera.

A conveniência do desenvolvimento de projetos de STPST também está relacionada com o nível de emissões dos sistemas. Atualmente, existem padrões cada vez mais exigentes para o transporte privado e os sistemas baseados em ônibus, BRT e veículos privados, porém, os sistemas de metrô, alimentados com energia elétrica, apresentam níveis significativamente menores de emissões poluentes (ALAMYS, 2017).

Outra vantagem é a relação entre os projetos de STPST e o aumento do valor das propriedades circundantes nesses tipos de sistema. A maioria das pesquisas, baseada em preços hedónicos, mostram, especialmente, um aumento do preço das moradias em torno das estações de metrô (ALAMYS, 2017).

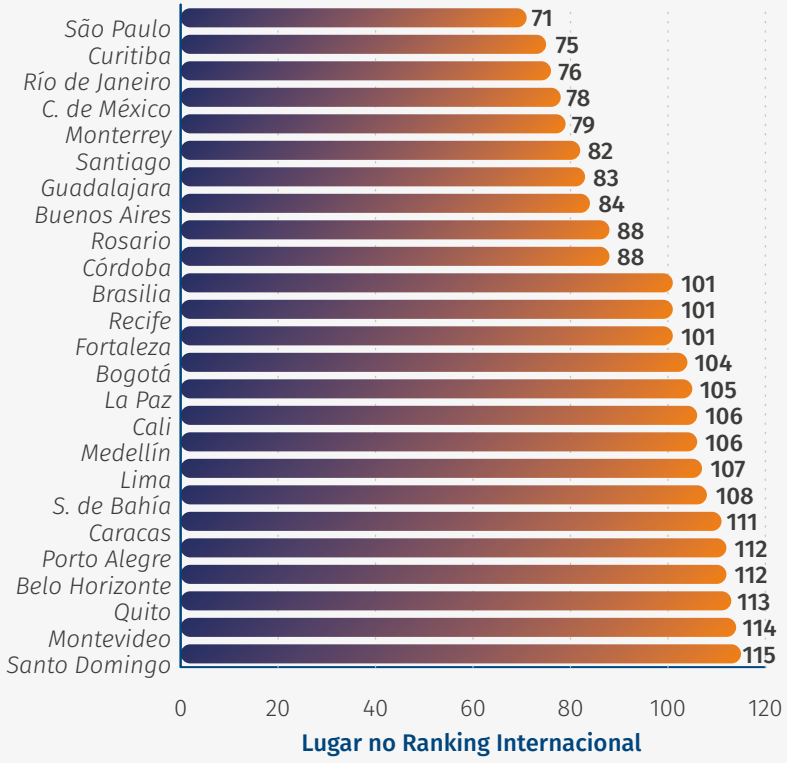
Os supostos maiores custos dos STPST correspondem basicamente ao maior investimento de capital necessário para a construção, pois existe evidência suficiente de que o custo por passageiro transportado é significativamente menor, o que, junto com outras externalidades positivas como a segurança oferecida, menores tempos de viagem, o aumento da mais-valia das áreas circundantes

nesses sistemas e as menores emissões de poluentes no meio ambiente, provocam que essas diferenças sejam amplamente superadas (ALAMYS, 2017).

Por outro lado, os projetos de STPST fornecem um melhor serviço de mobilidade e transporte, eixos chaves na qualidade de vida da população. Em nível comparativo, é possível usar o *ranking* "Cities in Motion" . Nessa lista observa-se que São Paulo no item "Mobilidade e Transporte" está na melhor posição das cidades latino-americanas, mas só aparece no lugar 71 de 135 cidades em nível mundial, conforme a Figura 2-7.

Figura 2.6

"Ranking Mobilidade e Transporte em Latino-américa, 2014"



Fonte: IESE Cities in Motion Strategies, 2014.

Contudo, a tendência das grandes cidades do mundo, e também da América Latina é a aposta por um transporte público que seja uma alternativa efetiva ao carro.

Em resumo, a ALAMYS acredita que os STPST têm um amplo espaço de crescimento, devido às suas vantagens em relação aos demais modos:

- São mais rápidos, confiáveis e seguros
- Revalorizam as cidades e aumentam a mais-valia nos entornos
- São sinônimos de alta eficiência no uso do espaço urbano e nas emissões no meio ambiente
- Têm menores custos econômicos para a sociedade quando todas as suas externalidades são consideradas

Este Guia reúne as tendências mundiais que contribuem com o desenvolvimento das redes futuras de STPST, apresentando o conhecimento que as autoridades e entidades necessitam para iniciar um novo caminho que vise o correto gerenciamento de projetos.

4 O *ranking* de "IESE Cities in Motion Strategies" faz avaliação de cidades em relação a dez dimensões chave: a Governança, o Planejamento Urbano, o Gerenciamento Público, a Tecnologia, o Meio ambiente, a Projeção Internacional, a Coesão Social, a Mobilidade e o Transporte, o Capital Humano, e a Economia. Está baseado em evidências empíricas de alto poder explicativo, e pensado em facilitar a interpretação das características que fazem com que uma cidade tenha um bom desempenho.

3. PLANEJAMENTO

Nesse capítulo estão apresentados os aspectos essenciais da etapa de estudos e de planejamento de projetos de STPST, iniciado com uma decisão no âmbito da governança, a qual considera as demandas da cidade expressadas na estrutura urbana e no entorno legal e normativo. Quando a decisão está tomada, efetuam-se análises das características do entorno e, posteriormente, a análise de alternativas plausíveis e sua otimização, o desenho construtivo, e a escolha dos métodos construtivos, tudo permeado pelas relações com a comunidade e com os padrões de meio ambiente definidos pela legislação local.

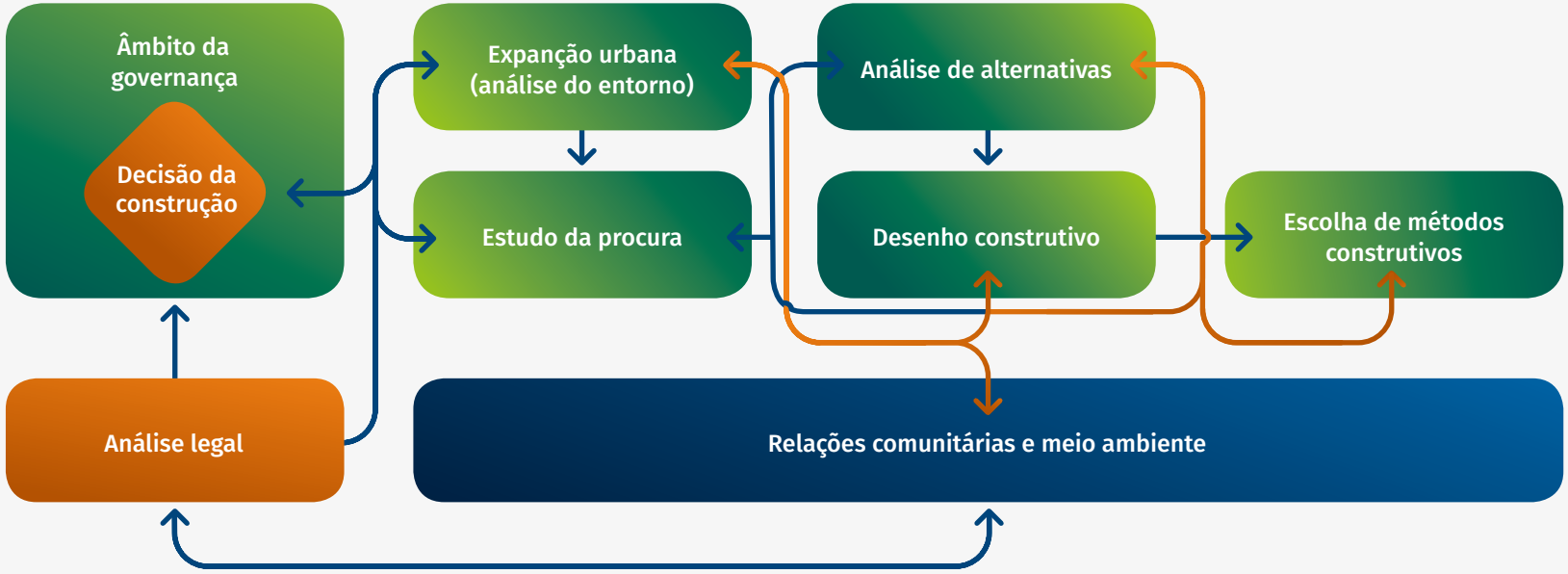
Os principais componentes da etapa de planejamento são:

- Análise legal
- Análise do entorno (expansão urbana)
- Estudo da demanda
- Projeto
- Análise e otimização das alternativas de traçado

É claro que uma dedicação exaustiva nessas etapas resulta em um projeto amplamente estudado, consensual e necessário para a comunidade.

Figura 3.1

"Etapa de Planejamento"



Fonte: ALAMYS 2018.

3.1 Análise legal e cronograma do projeto

É evidente que há uma legislação específica de cada país. Contudo, existem conceitos jurídicos gerais que resultam comuns para os projetos, sem importar a sua localização. A regulamentação aplicável depende em grande medida da instância administrativa que constitui o "promotor" do projeto, pois essa função pode corresponder a entidades nacionais, regionais/distritais ou das prefeituras, ou uma combinação delas, dependendo também da localização da iniciativa. Em qualquer caso, os assuntos legais devem ser matéria de análise desde a etapa de Planejamento, pois a viabilidade do projeto depende deles em grande medida.

Assim, é importante, como objetivo inicial deste item, estabelecer as considerações jurídicas básicas, gerais e de aplicação comum para diferentes cenários, que devem ser levadas em conta na concepção deste tipo de iniciativa. Porém, é relevante indicar que a legislação aplicável não será abordada de forma específica, pois, como foi indicado, corresponde ao marco regulamentar de cada um dos países.

Em relação à análise legal é possível que ocorram duas situações que devem ser consideradas. Por uma parte, a existência de um STPST e um marco regulatório e, por outra, projetos novos sem tal delimitação jurídica.

No primeiro caso, a análise consistirá na revisão da legislação aplicável para que ela estabeleça a definição dos padrões determinantes do projeto e o que poderia influenciá-lo.

Porém, se for um novo projeto, deve-se iniciar com a criação dos mecanismos e leis que permitam o desenvolvimento da iniciativa, considerando que esta atividade não é de responsabilidade do promotor da ideia, pois corresponde ao âmbito da governança existente no local.

Em função da estrutura jurídica dos países, o marco legal é aplicado desde o mais geral (leis, regulamentos) e até o particular (normas). É desejável, adicionalmente, informar-se dos projetos de lei em andamento ou em aprovação que possam afetar o desenvolvimento do projeto, visando à prevenção dos riscos e tentando realizar seu gerenciamento de forma antecipada.

Para tanto, nessa primeira fase de revisão, devem ser considerados os seguintes tópicos:

Autorizações: identificar todos os organismos competentes que outorgam as autorizações e as permissões para a realização do projeto, pois seu gerenciamento influi diretamente na estimativa do cronograma inicial da obra, entre outras questões.

Ocupação do solo: o traçado, e particularmente a localização das estações, devem estar em concordância com o uso do solo permitido pela autoridade reguladora.

Ambientais e patrimoniais: considerando que a regulamentação local pode restringir a passagem da linha ou a localização das estações na superfície em decorrência de restrições ambientais e patrimoniais, tais condicionamentos normativos devem ser levados em consideração nesta fase.

Riscos: o projeto deve ser planejado de tal forma que responda às normas estabelecidas, para evitar ou mitigar os perigos naturais identificados em cada cidade.

Financiamento: este processo implica em seguir uma série de passos estabelecidos na legislação local e, da mesma forma, quando o financiamento é obtido de recursos internacionais, é necessário cumprir com a regulamentação e as políticas dos organismos financeiros, desde a etapa de viabilidade.

Operação: como os parâmetrôs de operação possam parecer distantes na etapa de concepção do projeto, não deixa de ser verdade que, quando a hora chega, deve-se contar com um marco jurídico que permita uma transição ordenada até o período efetivo da operação. Se não for assim, é necessário adicioná-lo na programação desde o início.

Outros aspectos jurídicos: existem outros assuntos que, embora não seja matéria de tratamento específico nesta fase, é preciso que pelo menos sejam conhecidos, pois influenciam nas etapas posteriores. É o caso, por exemplo, da legislação vigente para a desapropriação de terrenos ou a regulamentação para importação de produtos para o país.

Como a revisão da legislação é imprescindível para delimitar o projeto dentro dos limites das normas legais aplicáveis, a sua análise deve ser realizada por profissionais conhecedores da regulação da cidade, da região e do país em questões sobre mobilidade, meio ambiente, patrimônio, arquitetura, urbanismo, etc., com a finalidade de criar um resumo dessa normativa que permita conduzir às decisões técnicas do projeto dentro do entorno jurídico vigente.

A identificação do contexto regulamentar é um dos primeiros passos que deve ser dado dentro dos estudos de planejamento e deve-se levar em conta que as obras de construção de STPST são de longa duração, pelo qual a revisão legal deve ser uma atividade permanente, pois as mudanças normativas podem afetar o projeto em alguma etapa de seu desenvolvimento, ou gerar características do ambiente que não foram consideradas inicialmente.

A principal tarefa nesta instância, então, é identificar o marco jurídico aplicável dentro do âmbito das competências do promotor do projeto. Caso a legislação seja insuficiente ou não se ajuste ao escopo requerido, será necessário ativar mecanismos para suprir essa lacuna. Nesse caso, deve-se prever que o tempo para validação dos processos de promulgação de regulamentação legal normalmente é peremptório, portanto devem ser iniciados com a devida antecipação.

Para o fortalecimento deste estudo, a revisão de projetos similares já executados é recomendada, e então utilizar lições aprendidas e evitar demoras desnecessárias ou falhas regulamentares que poderiam atrapalhar o gerenciamento.

Por essa razão, considerando que o âmbito de planejamento de um projeto de STPST abrange muitas disciplinas e diferentes organismos de controle administrativo e jurídico, é indispensável que a análise reúna todo o espectro de legislação necessário, portanto a experiência e atualização na matéria são fatores primordiais.

Como exemplo, é possível mencionar que a situação de um projeto de STPST construído pela primeira vez em uma cidade, comparado com outros iniciados em cidades com experiência prévia, faz com que, em ocasiões, não se conte com o marco legal adequado.

É o caso da primeira linha do Metrô de Quito, onde foi necessária a emissão da Ordenança Metrôpolitana N°. 237, sancionada em 27 de abril de 2012, para a criação da Empresa Pública Metrôpolitana Metrô de Quito, cujo objetivo principal é o “desenvolvimento, a implantação e a administração do Subsistema de Transporte Público Metrô de Quito”. Posteriormente, esse instrumento foi modificado através da Ordenança Metrôpolitana No. 383 de 28 de março de 2013.

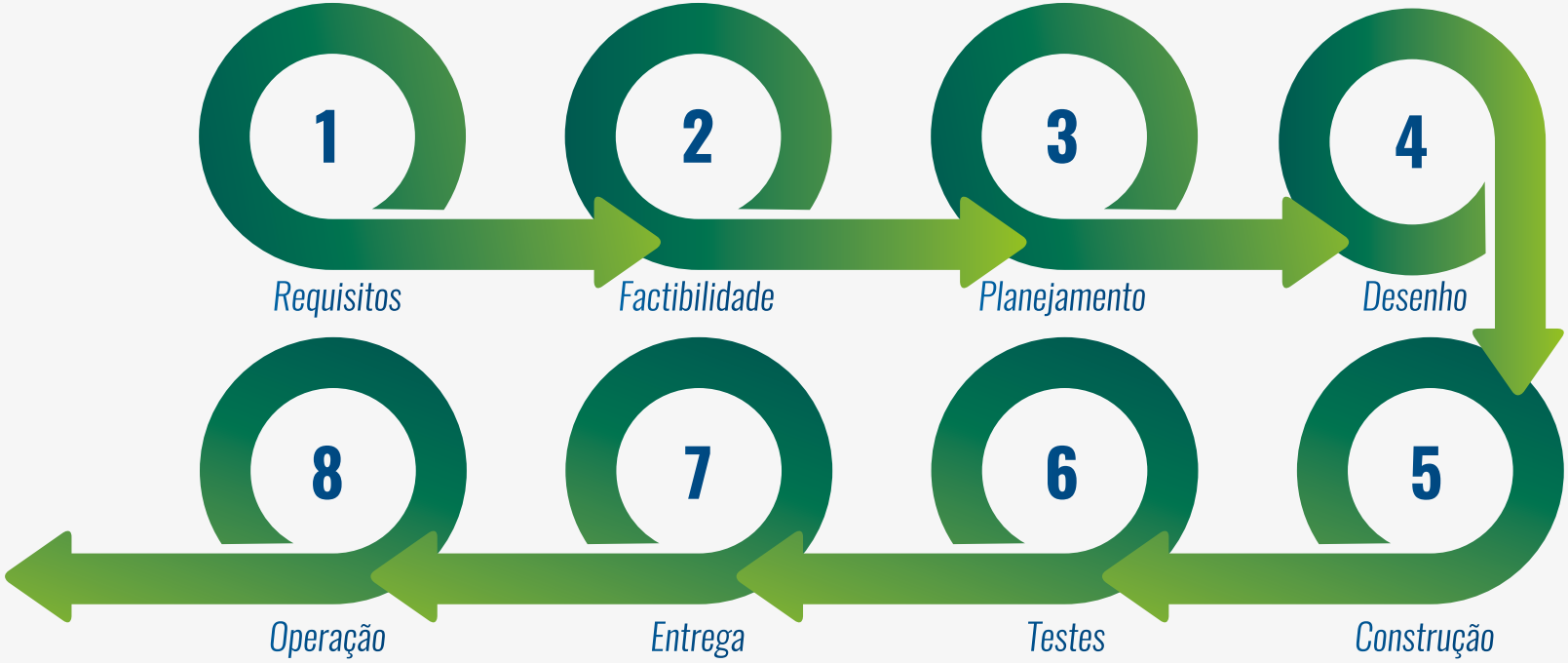
A análise do marco normativo e a incorporação de normas e padrões devem ser levadas em consideração para estabelecer um cronograma geral de desenvolvimento do projeto, que inicie na tomada de decisões de sua implantação até a entrada em operação.

Contudo, o primeiro passo nesta fase é, levando em conta os prazos definidos pela direção do promotor do projeto, a definição da sequência geral das grandes atividades, baseada no ciclo de vida do projeto, conforme mostra a Figura 3.2.

Quando os prazos gerais ditados pela direção da organização estiverem determinados, todas as atividades requeridas em cada uma das etapas de desenvolvimento do projeto devem ser consideradas e, a partir delas, elaborar um cronograma (exemplos nas Figura 3.3 e 3.4).

Figura 3.2

"Exemplo de ciclo de vida de um projeto de STPST"



Fonte: ALAMYS, 2018, baseada no exemplo de Ciclo de Vida Preditivo do Guia do PMBOK, 5ª edição.

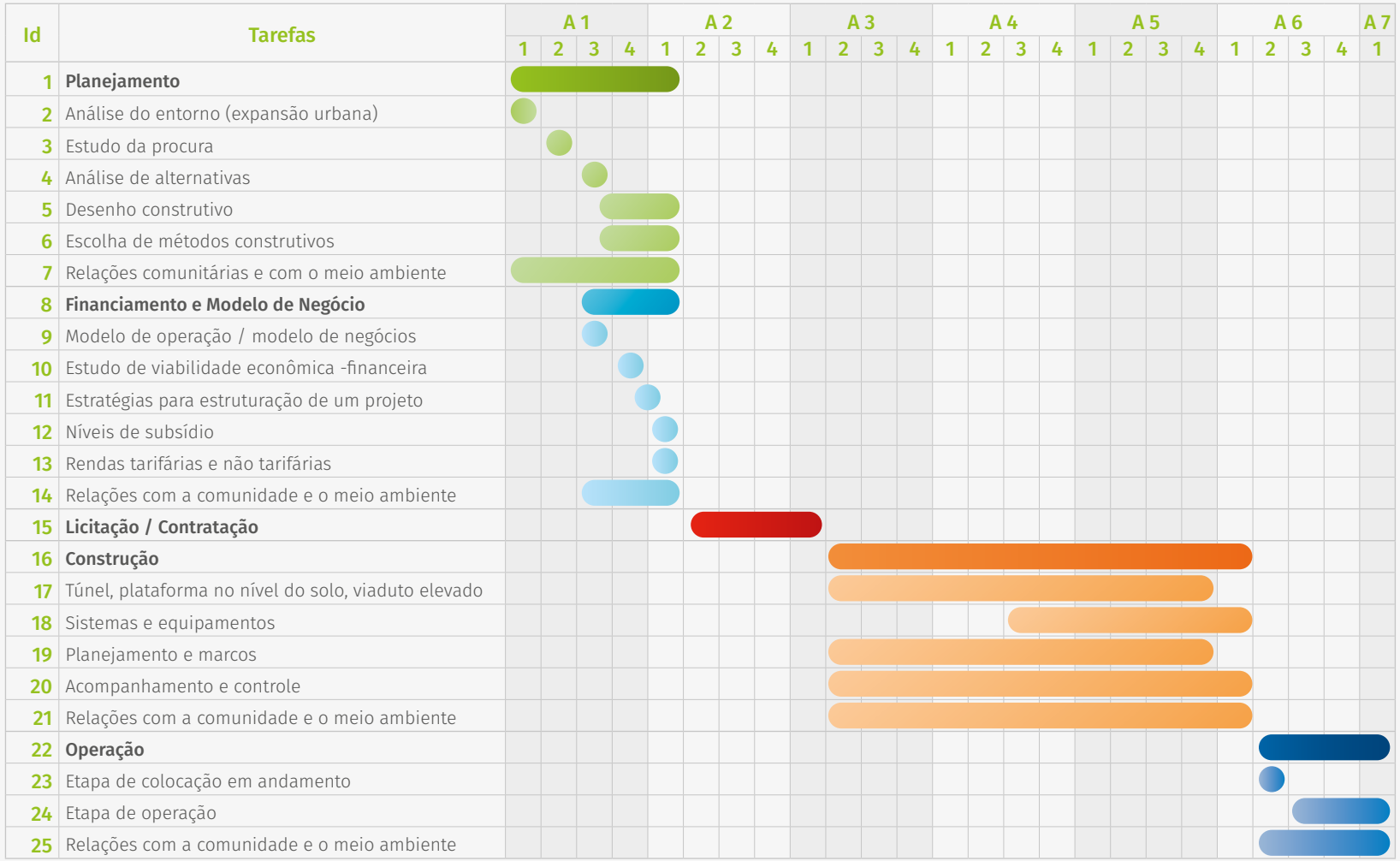
Figura 3.3

"Etapas e atividades principais em projetos de STPST"

Fonte: ALAMYS, 2018.

Figura 3.4

"Diagrama de *Gantt* geral de um projeto de STPST"



Fonte: ALAMYS, 2018.

Em resumo, as etapas necessárias para o planejamento, no tempo, são:

- Definição do projeto, especificando os objetivos, os recursos disponíveis, o tempo necessário e o orçamento geral
- Divisão do trabalho em fases, departamentos, serviços, etc.
- Separação de cada item em atividades
- Representação do diagrama de decomposição do trabalho adequado
- Estabelecimento das relações de precedência entre as atividades
- Estimativa da duração das tarefas determinando os recursos envolvidos e avaliando suas necessidades nas atividades

Finalmente, assim como para os aspectos técnicos, é necessário identificar e analisar o marco jurídico aplicável para o projeto na etapa de planejamento.

A extensão da obra do ponto de vista geográfico, político-administrativo e de mobilidade, faz com que seu escopo se relacione de forma transversal com diversos componentes que podem ter sua própria regulamentação específica, o que constitui um trabalho prévio de grande importância, que permitirá o desenvolvimento dos passos a seguir dentro da concepção e da análise de viabilidade do projeto, para garantir que estará enquadrado dentro da legislação nacional e local correspondente.

3.2 Análise do Entorno (Expansão urbana)

O crescimento regulado das cidades necessita de um processo de planejamento que se traduz em Planos de Ordenamento Territorial (POT), Planos Reguladores de Escala Local (por exemplo, de um distrito, bairro ou outro), ou do tipo regional (planos de escala metrôpolitana).

O desenvolvimento das cidades implica, por uma parte, em uma visão da expansão geográfica, mas também na mudança do uso do solo da ocupação atual de acordo com as oportunidades que a dinâmica da cidade oferece. Essas mudanças de zoneamento estão intimamente ligadas com a densidade da população, com a tipologia das edificações, com a maior ou menor oportunidade de acesso aos serviços públicos, entre muitos outros.

O uso do modelo de Desenvolvimento Orientado no Transporte (DOT), já implementado com sucesso em importantes cidades do mundo[5], faz com que a mobilidade das pessoas represente um pilar fundamental no desenvolvimento urbanístico e territorial.

Os principais elementos a serem levados em conta no processo inicial de planejamento, tanto para novos sistemas, como para a expansão dos existentes são: expansão geográfica da cidade, riscos naturais, uso do solo atual e futuro, densidade da população, interconexão entre modos, valorização do solo, serviços públicos, condições construtivas, sustentabilidade, zoneamento do sistema integrado e tarifação, aspectos sociais, culturais, ambientais e patrimoniais, segurança cidadã e disponibilidade de espaço para a instalação da infraestrutura que o sistema requer.

5 Por exemplo, na América Latina, em Curitiba, Brasil.

3.2.1. *Expansão geográfica da cidade*

É preciso realizar uma previsão razoável em relação à expansão geográfica da cidade, considerando fatores físicos (topografia, riscos naturais, solos, etc.), infraestrutura de serviços públicos e características do mercado do solo urbano, elementos que se espera estejam considerados e justificados no POT, levando em conta que o desenvolvimento de sistemas de transporte público promove ou não incentiva os objetivos e as metas desse POT.

3.2.2. *Riscos naturais*

Os fatores de riscos naturais, tais como: alta atividade sísmica, vulcões, deslizamentos, enchentes, alta pluviosidade, etc., requerem um tratamento especial nos POT. Desde sua fase conceitual, o planejamento urbano deve evitar a promoção da expansão até zonas onde esse tipo de riscos não está identificado, sobretudo porque sua mitigação requer altos custos de investimento.

Reflexão similar é aplicada em iniciativas específicas de infraestrutura de transporte, cujas características devem responder às condições de risco regional e local, de forma que, se a eliminação do risco não for possível, evitando a exposição direta do projeto, será indispensável sua atenuação, mediante o uso de fatores de segurança adequados, de obras de proteção, de sistemas redundantes e, em geral, de planos de mitigação, que com certeza irão aumentar os custos totais.

Dependendo da necessidade de atenção à demanda em setores da cidade que requerem imperiosamente sistemas de transporte pesado, uma alta severidade dos fatores de risco pode inclusive colocar a viabilidade de implementação do projeto em perigo e, necessariamente, terão de ser consideradas alternativas suplementares.

3.2.3. ***Uso do solo atual e futuro***

No processo de planejamento, é necessário que a possibilidade de mudanças de uso de solo seja levada em conta, dependendo de fatores externos do desenvolvimento urbanístico da cidade, ou também das possíveis modificações ligadas com a construção de um novo projeto (ou com a extensão de um já existente).

A mudança de uso de solo e, por conseguinte, da categoria do zoneamento, implica pela sua vez na mudança das atividades da população, e representa a modificação dos hábitos e do comportamento.

É importante contar com estudos atualizados a respeito desse ponto, para que a tomada de decisão seja realizada de forma técnica e bem sustentada, considerando a modelagem da situação futura com base em como as mudanças no uso do solo irão influenciar na demanda.

3.2.4. ***Densidade da população***

Dependendo de cada cidade, a tendência de aumento ou diminuição da densidade da população pode ocorrer em diferentes direções: até a periferia, no centro, em torno dos grandes corredores de transporte, etc.

O planejamento do projeto deve ser adiantado no tocante à estimativa dos fluxos de passageiros e aos cálculos da pesquisa de Origem-Destino (O-D), com o propósito de otimizar o traçado e de estabelecer a localização e o dimensionamento preliminar das estações.

Será necessário quantificar cuidadosamente o risco de propor extensões do sistema metrôpolitano até zonas não consolidadas, mas com um potencial prometedor.

3.2.5. *Integração entre modos*

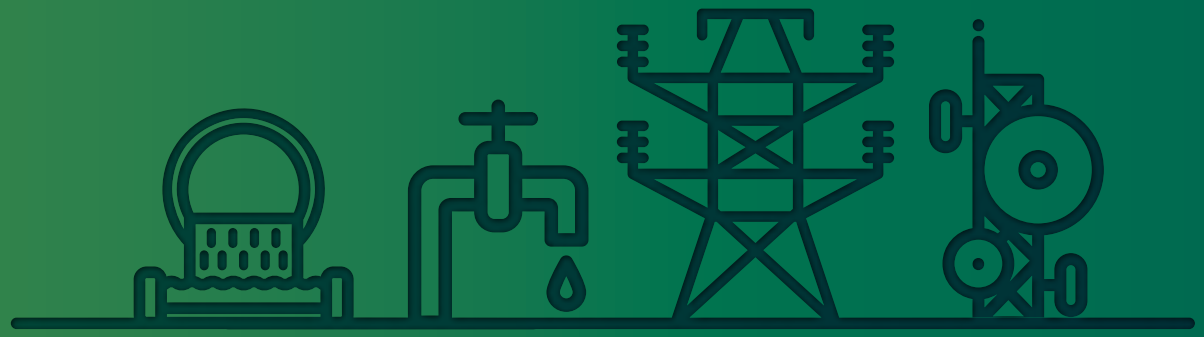
A integração com os modos de transporte atuais, como taxis, ônibus, VLT, funiculares ou teleféricos (sistema de cabo aéreo com conexão com o metrô), trens suburbanos, sistemas ferroviários, ou outras linhas de metrô, é uma consideração imprescindível, pois a troca de passageiros garante em grande medida o sucesso de novos desenvolvimentos do sistema. Se não existir a possibilidade real de integração deverá ser requerido aos organismos de planejamento, os locais e os regionais, estudar e propor sistemas complementares que permitam uma integração adequada. Possivelmente, essa melhora implique no redesenho da malha viária e na reformulação de parâmetrôs urbanísticos importantes.

3.2.6. *Valoração do solo*

A mudança de uso de solo que pode ser projetada no POT, por diferentes considerações, mas especialmente como consequência da influência da expansão dos sistemas massivos de transporte, faz com que o valor do solo sofra variações importantes no curto e médio prazos, produzindo distorções focalizadas e especulação.

O planejamento inicial deve considerar as externalidades positivas e negativas que o projeto gerará, pois poderia revalorizar zonas onde, por exemplo, uma estação ficar localizada. Pode, também, ocorrer o efeito contrário, nas áreas onde forem realizadas obras auxiliares como poços de ventilação e subestações elétricas e, no caso de sistemas elevados, a presença de torres ou a passagem da própria linha.

No momento em que for necessário desapropriar ou comprar terrenos para o desenvolvimento do projeto é importantíssimo inclusive analisar soluções alternativas que permitam otimizar o projeto, do ponto de vista econômico, quando as aspirações dos proprietários dos terrenos são exageradas.



3.2.7. ***Serviços públicos***

A disponibilidade de serviços públicos, tais como: redes de esgoto, água potável, energia elétrica e redes de comunicação, é um critério primordial nos planos de ordenamento par*a priori*zar a tendência de desenvolvimento das cidades. O raciocínio pode ser direcionar o aumento da densidade para zonas com provisão excedente de serviços e que possa suportar carga adicional ou, tender a ocupar áreas onde o estabelecimento de novas redes de serviços está projetado, pois para a cidade, a intervenção desses espaços no longo prazo resulta interessante.

Contudo, é conveniente que os serviços públicos estejam planejados previamente e de forma ordenada e devidamente identificados, pois isso facilita a integração das atividades com o novo sistema. Porém, deve-se considerar que, do ponto de vista construtivo, os serviços já instalados precisam de um tratamento especial para evitar interferências não desejadas.

3.2.8. ***Condições construtivas***

Como no POT deve-se levar em conta que as características de solo sejam razoavelmente adequadas para o desenvolvimento do plano, é igualmente verdade que essas condições não necessariamente são compatíveis com obras de construção de grande envergadura, como no caso da infraestrutura de um sistema de metrô.

Não é estranho, por exemplo, que nas cidades existam setores com terrenos que sofreram intervenções antrópicas informais, onde logo é planejada a passagem do traçado do metrô subterrâneo, com as consequentes dificuldades construtivas, que precisam de tratamentos especiais com altos custos adicionados.

3.2.9. ***Sustenabilidade***

O fato de que tanto o planejamento urbano quanto os projetos de infraestrutura relacionados com ele sejam de caráter sustentável, implica que as especificações do projeto geralmente são provenientes de instâncias superiores correspondentes a políticas de Estado, a convênios internacionais e, frequentemente, às diretrizes das entidades de crédito, que acompanham muito de perto o cumprimento desses princípios.

Caraterísticas como: economia energética, acessibilidade universal, igualdade de gênero, etc., são aplicadas nos POT e nos planos mestres de sistemas de transporte indistintamente, pelo qual constituem parâmetrôs transversais presentes em todas as atividades.

3.2.10. ***Aspectos sociais, culturais, ambientais e patrimoniais***

O processo de crescimento das cidades se relaciona diretamente com os processos sociais, econômicos e políticos da sua comunidade. Assim, os POT devem refletir esses processos, do ponto de vista das necessidades gerais e particulares de espaço para lazer, mobilidade, serviços públicos, moradia, negócios, etc.

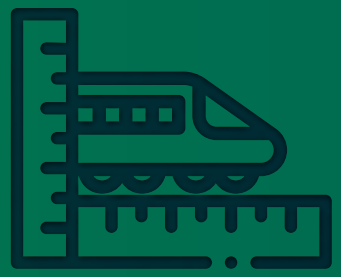
As diferentes características dos assentamentos humanos fazem com que a densidade da população mude de uma área em relação à outra, e que a necessidade de transporte seja diferente. Essa caracterização faz com que o planejamento do projeto deva estar sincronizado com os POT, visando abranger a demanda esperada e prevendo o possível aumento no longo prazo.

De igual forma, as manifestações culturais da sociedade têm efeitos muito importantes, que envolvem comportamentos excepcionais de forma pontual ou no percorrer de um período amplo. Essas considerações também serão estudadas pelos projetistas dos sistemas de transporte massivo, pois podem determinar mínimos e máximos de demanda, entre outros comportamentos.

No tocante aos componentes ambientais e patrimoniais, os planos mestres têm a obrigação de contar com uma rigorosa concordância com o planejamento urbano, pois os projetos que poderiam afetar áreas com restrição de ocupação devem analisar as alternativas possíveis para evitá-los ou, se não for possível, mitigar seus efeitos ao máximo, de acordo com a legislação ambiental e territorial correspondente.

3.2.11. ***Segurança cidadã***

Independente de qual for o organismo a quem corresponder o controle da segurança dos cidadãos, o planejamento de um projeto deve levar em conta essa situação, promovendo o desenho de espaços amplos, iluminados, com sistemas de evacuação adequados e fornecendo uma percepção de conforto e segurança para o cidadão. O planejamento e o desenho dos componentes dos STPST devem visar manter lineamentos similares, de forma que, bem como as premissas que se referem à sustentabilidade, neste caso também a correspondência direta entre os planos de desenvolvimento da cidade com os planos do sistema de transporte é imprescindível.



3.2.12. ***Disponibilidade de espaço para infraestrutura***

A necessidade de se contar com uma ou mais áreas de grande tamanho é uma particularidade dos sistemas de transporte público massivo, pois serão utilizadas na instalação das oficinas, dos estacionamentos e de outras obras necessárias de infraestrutura. Esta necessidade se apresenta quando se decide o desenho do traçado, pelo qual não é comum que os planos de desenvolvimento da cidade considerem a disponibilidade desse espaço. Porém, em função do tempo disponível para o desenvolvimento do traçado, o projetista vai ter a chance de selecionar várias alternativas de espaços de ocupação e, com elas, gerenciar a disponibilidade do terreno com a superfície necessária perante o organismo a cargo da preparação do POT.

3.2.13. *Recomendações da análise do entorno.*

- **Pesquisar existência e temporalidade de planos de desenvolvimento**

No planejamento dos sistemas de transporte massivo a pesquisa do conteúdo dos POT ou Planos Reguladores de escopo nacional, regionais e metrôpolitanos é um insumo inicial, de tal forma que as premissas de desenho do projeto respondam às necessidades estudadas e detectadas nesses planos.

Os estudos específicos que possam ser realizados para o desenvolvimento da proposta de viabilidade do novo componente do sistema deverão complementar a informação geral dos planos territoriais, e ratificar ou retificar seus achados e estimativas.

É indispensável que o planejador tenha os POT como base, com a finalidade de sustentar adequadamente suas recomendações e que o projeto permaneça válido no percorrer do tempo.

- **Antecipação aos planos de desenvolvimento regional, metrôpolitano e de mobilidade**

Os POT deveriam ser desenhados para períodos relativamente amplos (10 ou mais anos), pois a sua implementação está sujeita a diferentes situações, tais como aspectos econômicos, financeiros, sociais e políticos.

A falta de continuidade do ponto de vista do planejamento, dependendo dos interesses políticos, faz com que os POT não sejam respeitados de uma administração para a outra, provocando que o crescimento das cidades seja desordenado e não responda rigorosamente às considerações técnicas. Uma forma de que a concepção do projeto seja permanente no tempo, é aplicar o modelo de Desenvolvimento Orientado ao Transporte (DOT)[6].

Em projetos de infraestrutura tão complexos e caros como os de construção de linhas novas ou extensão das existentes, as situações mencionadas podem levar inclusive a que o projeto não seja executado, embora a necessidade dele tenha sido claramente estabelecida.

- **Onde atender à demanda atual e futura**

En la generalidad de los casos, los sistemas de transporte masivo responden a la expansión de la ciudad, una vez que los asentamientos poblacionales se encuentran consolidados y es necesario cubrir una demanda insatisfecha. Na maioria dos casos, os sistemas de transporte massivo respondem à expansão da cidade, toda vez que os assentamentos das populações estejam consolidados e é necessário cobrir uma demanda insatisfeita. Contudo, a norma deveria adotar a situação contrária, isto é, que o sistema de transporte consolide a tendência de crescimento da cidade, o que permitiria que os organismos de planejamento urbano realizassem a otimização dos recursos na criação de novas zonas de expansão, sendo que o transporte se encontra garantido.

É necessário, então, que os projetos sejam a coluna vertebral da mobilidade dentro do POT, e que a partir dele o restante dos serviços e espaços de convivência seja desenvolvido. É básico que este conceito seja adotado integralmente e com o tempo suficiente para que os tomadores de decisão estejam plenamente conscientes dos seus benefícios para a população.

Uma consequência muito positiva dessa metodologia está em que quando a população conta com um modo de transporte massivo eficiente, seguro e confiável, não precisa procurar alternativas para se deslocar em grandes distâncias de forma individual, como seria em veículo particular motorizado, e mais ainda, está

6 Por exemplo, ver: Santos, Evandro. (2011). Curitiba, Brasil: Pioneering in Developing Bus Rapid Transit and Urban Planning Solutions. Saarbrücken, Alemanha: Lambert Academic Publishing.

focado em opções mais amigáveis como o deslocamento por bicicleta ou caminhando, para distâncias relativamente mais curtas.

Conforme visto, o desenho e a execução do projeto devem ir junto com o POT da cidade. Se ele responder a um estudo tecnicamente realizado, com informação atualizada, e que foi capaz de identificar razoavelmente a demanda de mobilidade da cidade, certamente vai constituir um insumo importante para calcular com precisão a demanda futura.

Sendo os STPST desenhados para médio e longo prazo, sua funcionalidade e lucratividade social devem estar em conformidade com a demanda futura e ser capazes de manter um ritmo de crescimento contínuo durante sua vida útil.

O atendimento da demanda presente e futura estará focado basicamente nos resultados dos estudos detalhados, priorizando seu uso nos setores menos favorecidos, com perspectivas de maior crescimento.

3.3 Estudo de demanda

Como indicado no item anterior, o processo de planejamento de um projeto de transporte público responde a estudos de demanda que estão diretamente ligados com a densidade da população dos setores onde o serviço de transporte é fornecido.

O fato de que a densidade de população marque a pauta no projeto e na execução do Plano Mestre está relacionado com a necessidade de uma quantidade determinada de pessoas para se deslocarem e assim realizar suas atividades diárias: estudo, trabalho, atendimento de saúde, lazer, compras, assuntos de diversas naturezas, etc.

A densidade da população nos fornece uma ideia da demanda que o sistema deve satisfazer, mas, para contar com uma quantificação mais precisa dos passageiros dentro do sistema é necessário aprofundar na pesquisa mediante estudos específicos que devem ser atualizados periodicamente, para que seus resultados reflitam a dinâmica de desenvolvimento da cidade e as mudanças dos hábitos de mobilidade dos moradores em um tempo determinado.

O estudo de demanda não somente quantifica o número potencial de usuários do sistema, mas também permite determinar os locais de O-D, as frequências e os padrões de viagem com bastante precisão, entre outros. Além disso, fornece a possibilidade de melhorar continuamente a eficiência econômica da operação, mediante um cálculo preciso de custos.

Essa informação é fundamental quando se trata de preparar e executar um Plano Mestre de STPST e é a base para o dimensionamento dos componentes do sistema, tais como a frequência das viagens, os intervalos, o sistema de sinalização, a capacidade do material rodante, a previsão de consumo de energia, o início e o final do horário de operação, os ciclos de manutenção, etc.

Depois da realização do estudo do planejamento da expansão urbana, o passo a seguir é a valorização da captação de passageiros que o novo modo de transporte proposto vai obter no âmbito de estudo.

Essa avaliação é completamente necessária para o correto dimensionamento de todas as instalações e equipamentos associados com a nova infraestrutura: a definição do material rodante e das estações (corredores, mezaninos, plataformas, etc.), as necessidades dos equipamentos elétricos, os sistemas de segurança, entre outros.

A seguir, define-se detalhadamente a informação necessária, os resultados esperados e as ferramentas que podem ser utilizadas nesses estudos, considerando como relevante a elaboração de matrizes O-D, a análise socioeconômico e territorial, o estudo da rede de transporte, o estabelecimento de modelos que permitam projetar as demandas atuais e diferentes espaços urbanos e, finalmente, a integração do STPST com o sistema de transporte urbano (intermodalidade e integração).

3.3.1. Determinação dos fluxos da demanda atual

Para determinar os fluxos de demanda captados por uma nova infraestrutura, as ferramentas mais utilizadas são: o Modelo de Quatro Etapas, a obtenção de dados mediante pesquisas e o uso de novas tecnologias (telefonia celular, por exemplo), sendo, entre elas, a determinação da mobilidade espacial mediante o uso de bancos de dados de telefonia celular, a mais avançada.

A essas três ferramentas, em sistemas que já contam com infraestrutura de STPST e sistemas integrados, deve-se adicionar a obtenção de dados de mobilidade (inclusive a matriz O-D) diretamente da informação de utilização dos bilhetes de transporte público.

A matriz de deslocamentos O-D é um dos elementos básicos dentro do estudo de demanda, pois permite desenvolver aspectos elementares dentro do processo de planejamento de uma nova linha de STPST:

- Alimentar o modelo de demanda
- Identificar e caracterizar os fluxos de mobilidade da cidade ou da área metrôpolitana onde a nova infraestrutura é planejada

A análise da variação temporal da demanda também permite um adequado dimensionamento do sistema: as estações (por exemplo, o número de máquinas pagadoras ou o tamanho dos acessos), as integrações, o material rodante, etc.

Durante esse processo, geralmente são necessárias empresas de estudos de mercado ou a realização de pesquisas, bem como empresas especializadas em análise de informação procedente de bancos de dados gerados a partir de pesquisas, de telefonia celular, de registros de bilhetagem e outro tipo de informação.

Para a elaboração da matriz O-D (e de outros parâmetrôs de mobilidade) é necessário realizar uma análise socioeconômica e territorial prévia para poder determinar corretamente o número de pesquisas (amostra) sobre o total da população (universo), incluída na área de estudo.

3.3.2. Análise socioeconômica e territorial

Para a realização de um bom estudo de demanda, é necessário obter a informação socioeconômica relativa ao território em questão. Em concreto, é preciso conhecer a população de cada zona, a atividade que se gera, a localização dos centros que atraem viajantes, etc. Estes dados serão utilizados nas diferentes fases da análise.

Em primeiro lugar, será obtida uma primeira aproximação da realidade territorial. Posteriormente, será utilizada na produção de matrizes e de outros parâmetrôs de mobilidade, seja qual for a metodologia escolhida (Modelo de Quatro Etapas, realização de pesquisas, modelos de simulação, determinação de quantificações relativas de transporte, etc.).

A importância desses aspectos é devido ao conhecimento:

- Do território e da identificação das necessidades de transporte, bem como o reconhecimento de pontos geradores e concentradores de mobilidade
- Dos dados socioeconômicos como insumos da modelagem, no caso de que um modelo de demanda for desenvolvido
- Do correto desenho da amostra para um processo de pesquisas que requer o conhecimento territorial e da informação socioeconômica

A análise desses aspectos deve ser apresentada como uma fase prévia à elaboração da matriz de deslocamentos e do modelo de demanda, pois muita informação a ser obtida vai ser necessária nessas etapas. Na maioria dos casos, os dados requeridos pela análise são gerados e administrados por terceiros, sejam eles entidades públicas, privadas ou organismos não governamentais.

O estudo deve ser efetuado em duas dimensões: na caracterização do meio e na dimensão espacial.

No primeiro caso, e como exemplo, o tipo de informação requerida será:

População (número de habitantes, distribuição territorial por perfis de idade, gênero, evolução histórica, nacionalidade, origem, etc.).

Locais de trabalho e de estudo (número de trabalhadores, número de estudantes, localização de centros educativos, etc.).

Motorização (número de veículos, tipologia, taxas por habitante, evolução histórica, etc).

Atividades econômicas (superfície comercial por zonas, localização de mercados, centros comerciais, superfície de atividades de serviços, atividades de superfície industrial, etc.).

Centros de concentração de mobilidade (aeroportos, estações ferroviárias, terminais de ônibus, complexos administrativos, campus universitários, hospitais e outras instalações sanitárias), conhecendo a sua localização, o número de visitantes diários, os horários, a pauta temporal, etc.

Em relação à dimensão espacial, dependendo da estrutura de organização territorial, os níveis que podem ser usados para representação dessa informação podem ser:

- Quarteirão ou quadras
- Zona estatística básica
- Zona de censo
- Distrito postal
- Bairros
- Municípios

Figura 3.5
"Exemplo do zoneamento da cidade de Valencia, Espanha"

Fonte: Idom, 2016.

3.3.3. *Análise da rede de transporte*

O estudo de demanda requer o conhecimento detalhado da rede do sistema de transporte, funcional e operacional, com o objetivo de realizar um bom diagnóstico e, posteriormente, realizar propostas que permitam melhorar as deficiências detectadas na situação atual.

No caso de utilização de um modelo de simulação, a realização do diagrama (esquematização em suporte informático da rede de transporte) precisa de informação ampla e detalhada: a definição do traçado, a localização dos pontos de detenção, a frequência do serviço, a velocidade comercial, as integrações, etc. Esse processo de ajuste (calibragem do modelo) é longo e caro, mas é necessário no caso de estudos de precisão em âmbitos urbanos complexos.

O conhecimento da rede de transporte é importante, pois permitirá estar informado das necessidades em mobilidade e justificar o desenho do projeto, também contará com informação para poder calibrar um modelo adequado, no caso de ser desenvolvido.

As fontes de informação geralmente são muito variadas de um âmbito para o outro, e contam com padrões de diversas qualidades, situação que deve ser considerada no processo.

3.3.4. *Modelagem da demanda*

Para realizar um estudo de demanda utiliza-se, como esquema geral, o Modelo de Quatro Etapas, embora no caso de já contar com as matrizes de mobilidade (por meio de pesquisas ou de outros meios), essa metodologia é reduzida à quarta fase, que é a designação da matriz com o modelo de simulação.

Assim, esse modelo, de forma geral, a prévia definição de um zoneamento detalhado no âmbito de estudo, consiste em:

Primeira Etapa: determinação do número de viagens geradas e atraídas em função da população e dos postos de trabalho existentes em cada zona. Quanto maior o número de pessoas e empregos, maior procura vai gerar aquela área. Essa informação há de ser disponibilizada pelos governos locais, regionais ou nacionais.

Segunda Etapa: determinação do número de viagens entre zonas. Uso de modelos gravitacionais, isto é, supõe-se que o número de viagens realizadas entre duas zonas é proporcional ao produto do número de habitantes e dos postos de trabalho, e inversamente proporcional à distância ou o tempo de percorrido.

Terceira Etapa: repartição modal. Modelos matemáticos que serão ajustados e calibrados a partir de dados existentes de repartição modal, e da matriz de tempos de viagem entre as zonas. Geralmente utilizam-se funções do tipo exponencial negativa (curvas *logit*). Dessa forma, são obtidas as matrizes de mobilidade associadas com cada modo de transporte.

Cuarta Etapa: designação da matriz. Uso de um modelo de designação que transforme os fluxos de mobilidade das matrizes em interzonas em fluxos de mobilidade sobre as diferentes linhas de transporte público (STPST e de ônibus). Essa fase requer um detalhado processo de revisão de todos os parâmetrôs que intervém no modelo de simulação.

O Modelo de Quatro Etapas deve ser desenvolvido para a situação “sem” e “com” projeto. Na primeira situação, a matriz de tempos em interzonas corresponde aos tempos reais dos deslocamentos entre as diferentes zonas. Na segunda, porém, com as novas previsões demográficas e de infraestrutura (que gera uma nova matriz de tempos em interzonas), as etapas restantes são novamente calculadas e, com isso, a demanda da nova infraestrutura.

A modelagem de transporte ou de procura permite estabelecer os fluxos de passageiros ou de trânsito, de acordo com diferentes cenários futuros de mobilidade.

Dentro das metodologias padrão mais utilizadas, a mais comum é a de Quatro Etapas: geração e atração de viagens, distribuição, repartição modal e designação.

Suas principais características são:

- Precisa, comumente, de empresas de consultoria especializadas de transporte na realização de modelos.
- Interage com outras etapas do processo: caracterização socioeconômica, análise da rede de transporte e elaboração da pesquisa O-D de deslocamentos.

A informação para poder alimentar e calibrar o modelo de transporte prosseguirá a partir de etapas anteriores dos trabalhos. Da mesma forma, deve-se indicar que sua elaboração requer o uso de *softwares* especializados de distribuição comercial fácil de serem adquiridos.

Finalmente, é necessário indicar que todo esse processo geralmente requer muito trabalho na coleta de informação, no tratamento e na análise de dados, o que é de ampla envergadura. A existência de um modelo prévio pode ajudar a tornar o processo mais ágil, pois algumas das tarefas a serem realizadas serão somente de revisão ou de atualização.

3.3.5. *Intermodalidade e integração*

A eficiência dos projetos de STPST deve ser determinada no marco de um sistema integrado de mobilidade, que inclua também o transporte privado e público (sistema de ônibus, veículos, bicicletas e pedestres).

Os elementos que favorecem essa intermodalidade são as "correspondências", "intercambiadores", "combinações" ou "interconexões", dependendo do país ibero-americano onde estiverem. Seu bom desenho permite a redução do tempo de viagem quando são utilizados diferentes serviços e, por tanto, a percepção negativa diminui. Além disso, é possível uma captação adicional de procura porque o deslocamento se torna mais competitivo.

Figura 3.6

"Exemplo de zona parada de ônibus na frente da estação de Sants, em Barcelona, Espanha"

Fonte: Idom, 2012.

Nas novas linhas há de se tentar que a distância com as estações existentes de outras rotas seja a menor possível, considerando os critérios locais de acessibilidade que possa haver em um sistema integrado, onde normalmente é aceito 1 km. No caso de não ser possível, podem ser construídos corredores com esteiras rolantes, que diminuem o tempo de viagem e, além disso, melhoram o conforto na integração.

Outros tipos de integração muito importantes são os *park&ride*: estacionamentos para veículos privados do lado de uma estação específica, que permitem a realização de deslocamentos combinados entre veículo privado e o trem. Essa solução foi pensada para a execução de trajetos suburbanos, com uma origem distante do contínuo urbano da cidade. Dessa forma, é possível acessar ao centro da cidade de forma rápida e segura, sem os problemas de congestionamento que ocorrem de carro privado.

Figura 3.7

"Exemplo de melhora do corredor de conexão entre as estações da linha 3 e 5 do Metrô de Barcelona, Espanha"

Fonte: Generalitat de Catalunya, 2011.

Nessa fase, é necessária a participação de empresas especializadas no planejamento e no projeto. Adicionalmente, a realização de um estudo de demanda que permita determinar as previsões de passageiros nas integrações pode ser mandatória, junto com a realização de análises funcionais nesses pontos.

As fontes de informação para determinar a capacidade do sistema dependerão de suas características operacionais.

No caso do transporte público, a principal fonte de dados provém diretamente das validações dos bilhetes (no caso de bilhetes/cartões integrados entre diferentes modos de transporte), tal como foi explicado na atividade de elaboração da matriz O-D. Caso contrário, é possível realizar pesquisas ou contagens nos pontos de integração, mas essa segunda alternativa requer um custo econômico importante.

No caso dos *park&ride*, a informação é obtida e tratada pelo próprio operador, ou pela autoridade proprietária do estacionamento. Nesse caso, também é possível realizar pesquisas ou contagens que complementem a informação disponível.

Para favorecer uma correta intermodalidade entre sistemas de transportes, um conjunto de recomendações deve ser levado em conta, pois não existe uma metodologia propriamente dita.

A intermodalidade nas estações de integração pode ocorrer entre os sistemas de metrô e os modos de transporte a seguir:

- Sistema de metrô e pedestres
- Sistema de metrô e bicicletas
- Sistema de metrô e ônibus
- Sistema de metrô e veículos particulares
- Entre sistemas de transporte sobre trilhos.

Figura 3.8

"Exemplo de zona de estacionamento para bicicletas frente à estação ferroviária na cidade de Estrasburgo, França"

Fonte: Autoritat del Transport Metrôpolità, 2016.

3.4 Análise de alternativas

A de definir que o projeto seja realizado como um metrô é primordial estudar as vantagens e desvantagens dos diferentes modos de transporte (BRT, corredor de ônibus, VLT ou trem metrôpolitano) e analisar qual cumpre melhor com as condições do que se quer realizar na cidade em matéria de mobilidade eficiente.

Se após esse estudo for tomada a decisão de que o sistema a ser construído seja metrô, deve-se pensar nas alternativas de edificação com que se conta: subterrânea ou de superfície (ou as duas), elevada, tecnologia das vias, condições de operação, entre outras variáveis a serem consideradas.

Os elementos básicos propostos para uma análise ótima são essencialmente a comparação de traçados opcionais e os métodos construtivos associados com cada um, antecedentes provenientes de um Projeto Básico onde o relevante corresponde a: engenharia da mecânica de solos, definição do traçado conforme a velocidade de desenho da linha, e características da via e impacto de desapropriações e/ou servidões. Todos estes aspectos permitirão estimar as características gerais de cada alternativa:

- Quantidade total de estações: de superfície, subterrâneas ou elevadas, distância das interestações
- Distância do traçado: em superfície, subterrâneo ou elevado
- Quantidade de ventilações (traçado subterrâneo)
- Custo total estimado.

As variáveis principais devem ser avaliadas em função do custo e do impacto na funcionalidade da linha, o que deve ser suficientemente analisado para tomar a melhor decisão para o projeto, pois vai operar durante décadas com um alto padrão ou caso não for tomada a melhor decisão, haverá cenários complexos no desenvolvimento futuro.

Nessa etapa de avaliação e comparação das alternativas, é necessário um estudo geral de riscos associados, conforme a tabela a seguir:

Finalmente, é importante efetuar um estudo preliminar das relações comunitárias e dos efeitos ambientais de cada alternativa, considerando o marco regulatório vigente[7].

7 Ver ponto 3.6.

Tabela 3.1

"Estudo de riscos em projetos de STPST"

ITEM	RISCOS ASSOCIADOS
Obras Civis Desapropriações	Conflitos com a comunidade. Efeitos nas moradias do entorno.
Mecânica de solos	Incertezas por eventuais requerimentos de maior sustentação: sistemas relativos à manutenção de solos, aumento do reforço nas estações, etc.
Imprevistos	Maiores custos associados com imprevistos. Por exemplo, incerteza na mecânica de solos.
Procura e lucratividade social	Os custos associados com incertezas impactam os indicadores de lucratividade social.
Impacto no entorno	Efeitos das desapropriações na comunidade. Métodos construtivos e seu impacto no meio ambiente (exemplo: barulhos e vibrações).
Prazo do projeto	As incertezas provocam o aumento dos prazos de desenvolvimento do projeto e, por tanto, incerteza sobre o custo final.
Impacto no sistema viário adjacente	Impactos associados na rede de transporte durante o período de construção. Por exemplo, aumento da taxa de saturação, diminuição da velocidade de circulação.
Competência intermodal	O projeto concorre com outros modos de transporte, gerando graus de incerteza na procura na fase de operação.
Impacto no entorno urbano	Geração de externalidades positivas e negativas no entorno. Aumento do valor do solo em zonas adjacentes às estações e diminuição em zonas de oficinas, ventilações, etc.

Fonte: ALAMYS, 2018.

3.5 Escolha de métodos construtivos

A escolha do método construtivo visa relacionar diferentes fatores entre eles e não somente os técnicos, fazendo balanço daquelas questões que, uma vez ponderadas, permitam a escolha da solução mais vantajosa.

Assim, existe uma variada gama de tipologia de análise e de tomada de decisões, desde as mais simples (baseadas em experiências, o que não é insignificante), e até as altamente complicadas (com análise dos pontos fortes e fracos, por exemplo).

Em algumas ocasiões, a "impossibilidade técnica" é utilizada na realização de certos projetos, mas poderia se dizer que em decorrência dos grandes avanços técnicos (tanto em engenharia como em construção com maquinaria potente, em soluções e produtos de todas as tipologias ou controles de qualidade), praticamente "tudo" é possível de ser executado.

Dessa forma, para soluções de transporte sobre trilhos em superfície, elevadas e subterrâneas, existem diferentes critérios que terão de ser colocados na mesa para avaliar o processo de construção correspondente.

Fundamentalmente, são vários os princípios que afetarão o método construtivo e que, neste Guia, serão agrupados nos campos a seguir:

- Critérios econômicos
- Critérios de prazo: total ou por fases
- Critérios especificamente técnicos
- Experiência da região/país
- Logística e meios disponíveis
- Marco legislativo e normativo
- Governança
- Sociais
- Outros

Contudo, existem tanto critérios objetivos e susceptíveis de ponderação, como de caráter subjetivo, que podem influenciar e estão sujeitos a diferentes opiniões e pontos de vista.

É muito importante entender que, quanto mais sólida for cada pauta de categoria de avaliação, melhor vai ser a solução finalmente adotada. Da mesma forma é normal que ocorram diferentes mudanças de equipes de direção ou dos governos durante a vida desse tipo de empreendimento, esses fatores costumam gerar certa distorção no resultado final. Portanto, deve-se reparar que, nessas ocasiões, esses critérios não sejam mal utilizados para atingir outros propósitos, pois a construção poderia se atrasar e, inclusive, inviabilizar o projeto completo.

A seguir, estão detalhados os princípios que devem ser considerados para decidir sobre um método construtivo em particular.

3.5.1. Critérios econômicos

Geralmente esse ponto é o mais crítico, pois marcará o nível de endividamento e a capacidade de pagamento em função da determinação de financiamento e de receitas de uma administração, de uma população ou de um país.

Os projetos de STPST têm um custo elevado, portanto ter "ordens de magnitude" suficientemente aproximadas desde o início, ajudam na delimitação de diferentes fases do plano econômico (engenharia financeira), e inclusive na tomada de decisões em matéria de endividamento direto, de concessões com contribuições, em diferentes níveis, ou de terceiros (empresas privadas, outras administrações, etc.).

Não se deve esquecer que esse tipo de infraestrutura está desenhado com base em um horizonte temporal muito elevado, e que não conta com a flexibilidade suficiente quando já forem tomadas certas decisões como o traçado (por onde a linha passa), o tipo de construção (elevada, subterrânea ou em superfície), a localização das estações, etc.

Portanto, a identificação dos montantes econômicos necessários e da capacidade financeira da administração correspondente é fundamental para ocupar-se da infraestrutura.

Como recomendação, é possível indicar que é necessário contar com bancos de dados de preços adequados, com trabalhos de *benchmarking*, com conhecimento da economia do setor e do mercado. Em relação à capacidade técnica, contar com margens empresariais e com o nível de impacto na economia da zona (negativo e positivo).

3.5.2. Prazos do projeto

O prazo é uma peça chave e fundamental para colocar um projeto de STPST em andamento. As ordens de magnitude podem ir desde três até quinze anos se não existirem complicações adicionais, que podem deixar uma infraestrutura obsoleta antes da sua colocação em serviço.

Nesse sentido, assumindo uma capacidade técnica suficientemente experimentada, o marco legislativo define os prazos de forma clara, além de possíveis questões geológicas – geotécnicas que possam ter surgido e que não foram levadas em conta previamente.

Outros fatores sejam políticos, sociais ou outros que conduzem a modificações de última hora e a "mudanças sobre mudanças" podem atrasar não somente a operabilidade do sistema, mas também o próprio desenvolvimento dos trabalhos.

Uma situação crítica é a falta de identificação dos tempos relacionados com os campos que influenciam todas as fases da definição, da construção e da colocação em serviço da infraestrutura, e também não ter reconhecido as "lagoas administrativas" possíveis para esse tipo de obra.

Recomenda-se:

- Identificação dos prazos legais, administrativos, organizacionais e técnicos para a construção e colocação em serviço de uma infraestrutura ferroviária metrôpolitana.
- Identificação da capacidade técnica, da experiência e do conhecimento no setor das empresas que possam estar envolvidas, bem como do pessoal da administração que vai ser encarregado da direção dos trabalhos.
- Conhecimento adequado do terreno e dos procedimentos construtivos correspondentes, desde os mais modernos e até os tradicionais para a execução das obras.
- Eliminação de indefinições e de inseguranças que possam surgir de diferentes órgãos com capacidade de impacto direta ou indireta nos trabalhos.
- Desenvolvimento de uma matriz de risco com planos de mitigação claros e precisos.

3.5.3. Critérios técnicos sobre experiência na região

Nem sempre a construção de um STPST é simples, principalmente quando não existe uma cultura dessas características na área de ação ou ela se tornou obsoleta.

Esse modo de transporte é um meio altamente conservador, que tem grande inércia e requer alta especialização. Ao iniciar de zero nesse tipo de campo, uma ampla equipe multidisciplinar é necessária para controlar "bem" todos e cada um dos seus aspectos.

Durante o desenvolvimento profissional e na fase de operação, a reinvenção e a análise contínua se tornam necessárias para a melhoria da infraestrutura, a adaptação às novas tecnologias,

o oferecimento de um serviço melhor para os passageiros, etc. Isso faz com que a evolução seja contínua.

Tal progresso se traduz na melhoria dos novos elementos e dos sistemas a serem definidos na construção da obra, tanto nas estações, como nos túneis.

Em outras ocasiões, procurando a "otimização econômica inicial" no estudo de viabilidade, a informação com que se conta é mínima, podendo gerar problemas na fase da construção e inclusive na operação, pois em alguns casos a informação necessária não aparece até um bom tempo depois.

Deve-se considerar:

- Cursos de alta qualificação para os profissionais encarregados do gerenciamento da infraestrutura durante a construção e a manutenção.
- Promoção de modificações na legislação. Definição das responsabilidades e disponibilização dos recursos necessários para o gerenciamento completo da rede de transporte sobre trilhos.
- Análise detalhada de dados, busca de objetivos novos e melhoria contínua.
- Fugir do "mito dos especialistas" e dos "gurus" com soluções únicas, universais, de custo muito baixo e alta sustentabilidade. Não tem ninguém melhor que o pessoal que vai estar encarregado da operação e da manutenção da infraestrutura para saber exatamente o que vai precisar.

3.5.4. Logística e meios disponíveis

Em algumas ocasiões, alguns métodos construtivos precisam durante a execução dos trabalhos de tantos recursos como populações de tamanho médio, portanto, não somente é necessária uma logística em sistema de transporte suficientemente razoável, mas uma série de elementos temporais a disposição, entretanto, sinergicamente essa logística pode ser utilizada na melhoria futura de outro tipo de instalações que se encarreguem de fornecer serviços para diferentes áreas.

Algo crítico que pode ocorrer é não contar com os custos extras e os prazos que podem supor a preparação logística da infraestrutura.

É recomendado, então, o aproveitamento e a valorização daquelas instalações que concebidas como provisionais podem ser definitivas com usos similares para os quais foram criadas.

3.5.5. Critérios sociais e outros

Entende-se por "critérios sociais", no amplo sentido da palavra, todos aqueles que afetam diferentes coletivos de pessoas, como associações de vizinhos, comerciantes, comunidades de todo tipo, cooperativas, etc.

É requerido dar muita importância a este ponto, pois um gerenciamento comunicacional inadequado com esses grupos poderia perfeitamente inviabilizar a infraestrutura, por conta da pressão social à qual pode ser submetido o andamento do projeto. Por isso, é recomendado envolver no início aos *stakeholders* na materialização da iniciativa.

Um exemplo concreto para afiançar relações e aproximar-se das comunidades no entorno do sistema que vai ser edificado, é o de modifica, embora no mínimo, a forma da infraestrutura, de tal forma que preste serviço para um hospital, uma universidade, centros comerciais, polos industriais, etc.

Outro caso pode ser que na tentativa de utilizar a construção de forma sinérgica a partir do social sejam melhoradas certas zonas, o espaço público no entorno seja otimizado, o entorno urbano seja embelezado, etc.

3.6 Orçamento referencial

Durante a etapa de planejamento de um projeto de STPST é indispensável poder realizar a estimativa do custo, com diferentes graus de exatidão dependendo do avanço. Os orçamentos e cada um dos diferentes componentes da iniciativa, vão evoluindo e aumentando seu grau de detalhe, na medida em que o escopo final é definido com maior precisão.

Desde o início pode-se contar com uma ordem de magnitude dos custos de investimento e permite, entre outras coisas, avaliar a viabilidade econômica do projeto antecipadamente, iniciar a tomada de decisões em relação ao financiamento, bem como sua inclusão nos planos de investimento das diferentes áreas de governo.

A elaboração preliminar do orçamento é abordada na etapa de planejamento desde um ponto de vista macro, e com o objetivo principal de contar com uma ordem da magnitude dos montantes associados. Na medida em que as diferentes etapas são desenvolvidas e sejam obtidos mais detalhes em relação ao seu escopo, a estimativa dos custos do projeto também vai ser mais precisa. Eles, em uma primeira estimativa, podem ser divididos em três grandes etapas:

- Planejamento, desenvolvimento de engenharia e de especificações técnicas
- Construção e fornecimento
- Colocação em serviço, operação e manutenção

É importante levar em conta que essas atividades são quantitativas, para tanto a sua realização requer uma equipe de trabalho interdisciplinar que conheça os escopos do projeto e estabeleça com grau de precisão aceitável os custos associados com cada etapa, estimando sempre uma porcentagem que cubra os imprevistos.

Nesse contexto, cada um dos elementos que terá um custo dentro do projeto deveria ser identificado, tal como os estudos de consultoria especializada, as equipes e os recursos humanos, os sistemas, os materiais, as obras, os equipamentos, as provisões, o transporte etc. Isto é, todos os recursos que serão necessários na realização das atividades destacadas e que precisarão de investimento para seu desenvolvimento.

Quando identificados os componentes que precisarão de investimento, deve-se continuar com a designação dos montantes para cada um deles. Essa tarefa se tornará mais complexa na medida em que as definições técnicas avançarem, e quando a decisão do seu financiamento estiver tomada e a etapa de elaboração da documentação licitatória for iniciada. Nela, deve-se considerar que os orçamentos oficiais publicados pelo promotor do projeto são muito relevantes para quem se interessar em participar dos diferentes processos de contratação, motivo pelo qual, seu grau de precisão deve ser o melhor possível, com a finalidade de garantir o sucesso do concurso e facilitar a comparação das ofertas econômicas recebidas.

Além disso, os orçamentos devem incluir todos os impostos aplicáveis no país e/ou na cidade onde se construirá o STPST, com o objetivo de evitar desvios por valores não previstos.

Nenhuma das etapas antes mencionada deve ser subestimada, mas aquela que precisa de mais estudo e quantidade de recursos para a valorização de seus custos associados é a da construção e fornecimento. De fato, os erros no cálculo desta etapa do orçamento podem ter consequências consideravelmente negativas no projeto. Isso ocorre devido ao peso porcentual maior e ao prazo que os investimentos desse tipo têm, em comparação com as de outras fases.

Além disso, esta etapa pode ser dividida nas seguintes especialidades:

- Obras civis dos túneis (viadutos ou vias em nível conforme o caso) e estações (estrutura), detecção e extinção de incêndios, acabamentos arquitetônicos e iluminação
- Meios de elevação (escada rolante e elevadores)
- Vias
- Catenária ou terceiro trilho, potência e alimentação elétrica
- Equipamento eletromecânico: ventilação forçada e sistemas de bombeamento
- Sistema de sinalização e comunicações
- Fornecimento do material rodante

Finalmente, e na medida em que o projeto avança, é muito importante quantificar e incluir os custos de desapropriações ou reassentamentos no orçamento, realocação dos serviços públicos existentes, medidas de mitigação ambiental, bem como toda atividade ou investimento que não faz parte de uma especialidade técnica do sistema, mas será necessária para a execução das obras.

Na etapa do planejamento as tarefas são críticas. Dispor de uma ordem da magnitude do investimento que será necessário é uma ferramenta estratégica e de controle que permite a tomada de decisões. Adicionalmente, ajuda na apresentação mais completa da iniciativa para todos os interessados, especialmente às autoridades que definem seu avanço, levando em conta não somente os aspectos técnicos e os benefícios de um sistema de transporte massivo como o que está sendo impulsionado, mas também seus custos associados.

A necessidade de gerar essa informação é básica para o desenvolvimento e a continuidade do projeto, portanto, é um dos primeiros dados que devem ser produzidos e atualizados na medida em que as definições e os detalhes técnicos avançam, visando diminuir riscos decorrentes de custos não previstos e aumentar o grau de certeza em relação à sua viabilidade econômica e financeira.

Nessa primeira etapa de planejamento, e quando o promotor do projeto não conta com experiência prévia na execução de iniciativas de STPST, são recomendadas as seguintes opções:

- Obtenção de referências de projetos similares com limites assimiláveis
- Contratação de empresa de consultoria especializada para elaborar uma estimativa inicial dos custos associados

Quando se opta por contratar empresas de consultoria especializada, que em geral são estrangeiras quando um país não tem essa indústria desenvolvida, é preferível ter clareza a respeito dos orçamentos, dos cenários e das variáveis para realizar a estimativa das tarefas, uma vez que podem existir diferenças importantes entre uma nação e outra como, por exemplo, do valor da mão de obra ou dos impostos locais.

Assim que há um avanço no desenvolvimento do projeto e, particularmente, na determinação do custo da etapa de construção das obras civis e do fornecimento, o uso de *Softwares* especializados é recomendado.

Também, é melhor expressar o orçamento em moedas de volatilidade baixa, como o dólar ou o euro, o que facilitará a comparação dos custos estimados com o de outros projetos, e assim contar com pontos de referência.

Finalmente, na conclusão da etapa do planejamento, sugere-se o acompanhamento das recomendações realizadas pelo *Project Management Institute*[8] para a elaboração, o gerenciamento e o controle do orçamento.

Contudo, é importante ressaltar a relevância do orçamento como um elemento fundamental de

8 www.pmi.org

planejamento e controle, que deve ser entendido como uma ferramenta que requer, e pela sua vez permite, a integração dos diferentes equipamentos técnicos em cada uma das etapas do projeto.

Como os recursos são escassos, uma boa estimativa da valorização total junto com a dos prazos de execução permitirá definir a iniciativa entre dois limites que servirão para o controle posterior: uma linha temporal e a necessidade de recursos a serem investidos.

3.7 Fluxo financeiro

Na etapa do planejamento, complementarmente à estimativa de custos e prazos, o modelo financeiro do projeto é constituído como um dado de grande relevância na tomada de decisões, e principalmente na apresentação do projeto perante as diferentes instituições interessadas no seu financiamento.

Assim, o objetivo dessa atividade é o estabelecimento do fluxo estimado de investimentos, com a finalidade de prever as necessidades de recursos durante as diferentes etapas da implementação.

O fluxo preliminar de investimentos é o resultado da distribuição, de forma coerente, dos custos no prazo de execução previsto.

É muito importante levar em conta que cada passo do projeto precisa de um fluxo de investimento particular, e que é conveniente ter clareza desde o início sobre as necessidades financeiras que cada etapa vai ter para seu desenvolvimento e ser assim completada com sucesso.

A movimentação financeira para a fase de desenvolvimento de engenharias e especificações técnicas é diferente da que deverá ser considerada para a construção de infraestrutura e fornecimentos. Esse último, também será diferente do fluxo financeiro da colocação em serviço e da operação.

Na medida em que ocorre o avanço do processo das definições técnicas, econômicas e de prazo, a atualização dos fluxos previstos se torna necessária, pois é de notar que, bem como o grau de detalhe do escopo técnico permite contar com melhores precisões a respeito do orçamento e dos prazos de execução, isso pela sua vez, também modifica o planejamento financeiro.

Além disso, é recomendado contar com planos de investimentos anuais, os quais devem ser atualizados em função das novas versões do orçamento e do cronograma do projeto. O conhecimento desta informação na medida em que as atividades avançam, permite ter maior certeza em relação às necessidades orçamentares de cada uma das áreas envolvidas na promoção, na implementação e na melhoria da eficiência na designação global dos recursos.

Nessa etapa inicial é aconselhado gerar fluxos plurianuais de investimento para a totalidade do projeto, bem como para cada uma das grandes etapas preconcebidas.

Os dados essenciais para a elaboração do plano financeiro preliminar e suas atualizações,

são o orçamento e os prazos de execução, totais e parciais, de cada uma das etapas ou dos subprojetos. Como inicialmente se apresentam desagregados por ano, na medida em que as definições de seus dados de entrada avancem, é possível a sua dissociação semestral ou inclusive mensal.

Deve-se considerar que, independentemente do valor e da quantidade dos investimentos que sejam requeridos nas etapas, uma correta previsão de sua distribuição no percorrer do tempo minimiza o risco de não contar com os recursos necessários para a execução de cada uma delas.

É comum que a maior análise de fluxo de investimentos seja realizada para a etapa de construção de infraestrutura, de sistemas e de aquisição do material rodante. Nesse contexto, é recomendado dar a cada fase (estudos, engenharia, construção e colocação em serviço) a relevância que cada uma delas merece com a finalidade de evitar correr riscos desnecessários devido a um planejamento deficiente dos recursos.

Para o fluxo ou plano de investimento preliminar, é requerido que seus dados de entrada, orçamento e prazo, sejam confiáveis e contem com a precisão de acordo com o tipo de análise que está sendo gerada, pois dessa forma é garantida uma distribuição realista dos investimentos e um planejamento ajustado com a necessidade de recursos.

É necessário indicar que, como com outras tarefas, o resultado e a qualidade dos dados obtidos serão um *input* para outras etapas do projeto como, por exemplo, na identificação do modelo de negócio e do financiamento. Nesse contexto, deve-se ter em mente a importância dessa informação para os futuros investidores/financiadores internos ou externos, toda vez que permite ter o conhecimento prévio dos recursos necessários durante o período selecionado.

3.8 Relações com a comunidade e o meio ambiente

Durante a etapa do planejamento, é necessário realizar a análise de como o projeto será percebido pelos *stakeholders* e seu impacto no meio ambiente, elementos necessários para a construção de um projeto de STPST sustentável e socialmente aceito, necessitado e desejado.

3.8.1. Relações com a comunidade

A etapa do planejamento corresponde elaborar e executar uma proposta geral de estratégia para que os STPST avancem no fortalecimento de seu relacionamento com a cidade e com seus habitantes, especialmente em nível comunitário, tanto nos processos de construção, como na operação das suas linhas.

O âmbito de gerenciamento que aborda essa estratégia é o das relações comunitárias, entendidas como as interações entre a empresa (incluindo seus trabalhadores diretos e indiretos, seus processos, projetos e infraestrutura) e as pessoas, as instituições e os grupos de interesse que fazem parte da estrutura social em escala local.

Esse tipo de lógica de comunicação abrange as principais interações da instituição gestora do projeto e dos contratantes, com os atores sociais que fazem parte de suas zonas de influência, os quais podem ser beneficiados ou afetados por ações ou omissões na construção e/ou operação dessas iniciativas.

As definições que devem ser expostas nas relações com a comunidade terão como objetivo a contribuição de forma significativa com a conquista das respectivas estratégias corporativas, especialmente nos aspectos referentes à função que os STPST devem realizar na dimensão social e urbana das cidades latino-americanas.

Durante a etapa de planejamento se deve conseguir que o projeto, em resposta às demandas, adquira a legitimidade social que garanta seu sentido perante a comunidade e minimize qualquer mal-entendido com o entorno. Nesse sentido, essa "legitimidade social" pode ser entendida como "a percepção generalizada ou suposta de que as ações de uma entidade são desejáveis ou apropriadas no marco de sistemas socialmente construídos com normas, valores, crenças e conhecimentos" (Suchamn, 1995).

De acordo com essa definição, a construção social da legitimidade ocorre por meio de um tipo de "exame de congruência" entre o comportamento da organização e os valores, as crenças e os conhecimentos das audiências ou dos públicos que estão em condições de avaliá-la. Além disso, a legitimidade é uma propriedade emergente, resultado da trajetória ou padrão de comportamento no percorrer do tempo, e cuja coerência é avaliada de forma coletiva por observadores que compartilham esses valores, crenças e/ou conhecimentos.

A legitimidade social das ações de uma empresa é um fator muito relevante para a estabilidade e sustentabilidade da operação, na medida em que ela promova a colaboração dos *stakeholders* e reduz os conflitos. Pela sua vez, tem uma função fundamental na credibilidade, pois as organizações consideradas legítimas são também melhor compreendidas em seus propósitos e percebidas como mais previsíveis e confiáveis.

Tudo passa pela geração de confiança no relacionamento, mas as experiências ou vivências coletivas têm demonstrado que a "corresponsabilidade comunitária" nos processos de sensibilização (de dentro para fora) e a socialização (de fora para dentro) nos processos de gerenciamento social de obras de infraestrutura ou de projetos

são legitimadas quando essa corresponsabilidade é materializada, pois o empoderamento e a apropriação na memória coletiva da comunidade ficam demonstrados nas ações comportamentais da construção da cidade.

Para o relacionamento com os *stakeholders* de uma comunidade, cabe anotar que devem ser identificadas as organizações ou indivíduos que possam estar interessados nas decisões ou nas atividades desenvolvidas pela empresa e que estejam diretamente ligados com o projeto que será implantado em suas diferentes etapas.

Essa estratégia de relacionamento comunitário assume a importância do desenho de procedimentos e de métodos para a promoção da legitimidade social, não somente no âmbito da comunicação, mas em todos os assuntos referentes à empresa, inclusive no desenho de projetos e nas práticas concretas de sua execução.

A comunicação é transversal ao processo de gerenciamento social. A tarefa de homologação das linguagens é um exercício sociolinguístico que adota formas e comportamentos, e, de fato, pode somar ou afetar negativamente na geração de confiança do relacionamento com a comunidade: uma palavra mal expressada pode agredir mais que um processo de obra complexo, rompendo a "harmonia" com esse grupo.

Em relação com o anterior, essa visão considera que sua função principal deve ser a de facilitar as condições para a aceitação massiva das práticas da empresa, objetivo geral que se propõe cumprir.

Para que essa missão se cumpra de forma satisfatória é necessário que as empresas adotem uma série de práticas (em alguns casos novas ou diferentes), todas articuladas por uma clara convicção de diálogo e contribuição social, que requer ser transmitida pela empresa em todas suas interações.

A comunidade faz um "exame de consciência" acerca das motivações da instituição em suas diferentes decisões. Se essas intenções carecem de um marco de valores compatíveis com o que o grupo social utiliza, a legitimidade não será fácil de obter e, as situações de conflito, o resultado mais frequente.

Assim, sugere-se que as motivações devem ser realizadas especificamente e materializar-se em práticas efetivas, visíveis, transparentes e contrastáveis pela comunidade, visando satisfazer suas necessidades mais sentidas, não caprichos políticos.

Para materializar esse propósito, propõe-se adicionar como diretrizes e/ou critérios organizacionais as considerações a seguir:

- Manutenção de canais abertos e expeditos, e uma atitude disponível para o diálogo direto (canais de ida e volta para assegurar a retroalimentação) com vizinhos, organizações e líderes sociais, autoridades locais e as outras partes interessadas que, mediante reconhecimento, poderiam ser afetadas ou beneficiadas.
- Identificação oportuna dos impactos, dos benefícios, dos conflitos ou controvérsias dos projetos, obtendo a visão da comunidade e das autoridades locais para definir a forma de gerenciá-los. Fazer acompanhamento das situações registradas.
- Fazer com que os processos de decisão cumpram com as normativas estabelecidas em todos os níveis, e que considerem diferentes perspectivas, necessidades e preocupações da comunidade, permitindo uma relação harmônica e participativa.
- Encarregar-se oportunamente dos erros e inconvenientes, e gerenciá-los de forma responsável. Os processos devem ter uma linha base que permita o acompanhamento diário e avaliação.

Da mesma forma, como parte das relações comunitárias, é possível chegar a apresentar uma série de ações e de conteúdos que abrangem os objetivos a seguir:

- Conhecer e manter informação permanente dos grupos de interesse relevantes para a operação e os projetos.
- Prevenir e reduzir o impacto socioambiental e seus conflitos, e aproveitar o conhecimento local para a melhora contínua dos projetos.
- Gerar e manter vínculo proativo e permanente com organizações sociais e municípios, favorecendo a confiança mútua e a cooperação para o desenvolvimento sustentável da cidade.
- Gerar capacidades organizacionais e um processo de melhoria contínua nesse âmbito de gerenciamento.

O estabelecimento e a manutenção cuidadosa das relações serão uma tarefa fundamental nessa etapa, visando assim controlar as expectativas e garantir que o primeiro contato dos interessados com o projeto proposto seja positivo.

3.8.2. Meio Ambiente

Como deve-se ter em mente a importância dos aspectos ambientais com os quais o projeto está relacionado, é imprescindível a realização de estudos de análise ambiental que garantam o cumprimento com a legislação vigente em cada país, e que por tanto mitigará, compensará e restaurará os potenciais impactos no meio ambiente.

A análise ambiental deve ser desenvolvida levando em conta as exigências normativas, mas principalmente, entendendo que ela é necessária para impulsionar um projeto sustentável.

Em termos gerais, propõe-se:

- Descrição do projeto: resumo onde sejam indicadas as etapas, as obras físicas e as ações que possam ter algum efeito no ambiente (ar, águas superficiais, águas subterrâneas, solos, meio ambiente biótico, meio ambiente social e cultural, e a infraestrutura existente).
- Descrição do entorno ou linha de base: deve ser realizada, mediante informação bibliográfica ou trabalhos de campo se for necessário, uma resenha do *hábitat* completo onde o projeto será construído, considerando o meio ambiente físico, humano e de infraestrutura.
- Estimativa de resíduos e emissões: deverá ser realizada uma apreciação detalhada dos resíduos do projeto, com base em fatores de emissão internacionalmente aceitos, como, por exemplo, os da Environmental Protection Agency (EPA) ou normas europeias (EURO).
- Estimativa de impactos ambientais: com base em métodos internacionalmente aceitos, os potenciais impactos que a iniciativa gerar no ambiente deverão ser previstos, seja pelo uso de técnicas semi quantitativas (análise multicritério) ou quantitativas (modelagem de ruídos e de emissões atmosféricas), sempre considerando a normativa local vigente.
- Medidas de mitigação, compensação e reparação: Quando os impactos ambientais do projeto estiverem estimados, as medidas de mitigação, compensação e/ou reparação necessárias deverão ser propostas para que seus efeitos cumpram com a normativa vigente quando existem leis específicas, ou medidas, que permitam ter aceitação da proposta pelos *stakeholders*, cuja revisão ocorrerá no processo de relações comunitárias proposto anteriormente.
- Plano de cumprimento da legislação aplicável ou Plano de Gestão Ambiental: Quando a determinação do impacto estiver efetuada e a legislação ambiental correspondente estiver identificada, deverá ser elaborado um plano de cumprimento da normativa, indicando

especificamente a forma em que cada artigo legal vai ser respeitado. Além disso, deverá ser elaborado um plano de gestão ambiental para as etapas de construção e operação do projeto, que inclua:

- A identificação das normas ambientais aplicáveis ao projeto ou atividade
- A descrição da forma e das fases por meio das quais as obrigações contidas na normativa ambiental entrarão em serviço, incluindo indicadores de cumprimento
- A lista das permissões e dos pronunciamentos ambientais aplicáveis ao projeto ou atividade.

- Estimativa de custos ambientais: deverão ser calculados os custos das medidas ambientais que serão incorporadas no projeto, e que permitirão o cumprimento normativo.
- Estimativa de custos de mitigação do impacto viário: finalmente, deve se considerar nessa primeira etapa de planejamento, que na fase futura de construção serão manipuladas zonas em superfície como calçadas e ruas, que devem ser entregues junto com o projeto de metrô com o mesmo nível de funcionalidade que possuíam antes do início das obras.

Os estudos ambientais, seja em seu conteúdo ou quando devem ser efetuados, dependem da legislação vigente. Porém, independentemente disso, recomenda-se efetuar a análise para o desenvolvimento de um projeto sustentável.

Em algumas legislações, a obtenção de uma permissão ambiental para a implementação do projeto nas etapas posteriores de construção e de operação é imprescindível e, sem ela, não é possível realizar nada. De qualquer forma, a informação necessária para obter a permissão ambiental, estudo prévio, deve ser proveniente da engenharia desenvolvida na etapa do planejamento.

3.9 Conclusões

Os aspectos analisados para a etapa de planejamento dos projetos de STPST manifestam a necessidade de contar com análises adequadas de contexto, no sentido de considerar as múltiplas variáveis e sua evolução no entorno urbano, e assim dimensioná-las mediante estimativas de demanda adequadas. Ela deve incorporar análises socioeconômicas, territoriais e da rede de transporte entre modos onde o projeto está inserido, para entendê-lo como parte integral do sistema de transporte público.

Na etapa de planejamento, a partir dos estudos de demanda e socioeconômico territoriais, o desenho construtivo do projeto deverá ser definido, bem como, entre outros aspectos, os níveis de conforto, a qualidade do serviço e o grau de automatização.

Essa fase deve considerar a definição do tipo de projeto e os métodos construtivos que serão utilizados, considerando que, devido ao avanço tecnológico atual, na prática não existem soluções impossíveis, e elas dependerão dos custos associados e de outros critérios, tais como: prazos, técnicos, experiência, logística, marco legislativo e aspectos sociais e de governança.

Entre os grandes fatores que também devem ser incorporados, está o relacionamento com os *stakeholders* do projeto, tanto em seus aspectos de relações comunitárias, como no impacto no meio ambiente.

Contudo, o planejamento deve conseguir que o projeto, respondendo às demandas, adquira a legitimidade social que garanta uma iniciativa sentida pela comunidade e minimize os conflitos com o entorno. Para isso, o diagnóstico das relações com a comunidade deve ter como objetivo identificar oportunamente os impactos que possam surgir, também abrir canais expeditos de comunicação, incorporar as preocupações da comunidade, e estabelecer um sistema de gerenciamento das relações entre todos.

Finalmente, em relação aos impactos no meio ambiente, e independentemente das legislações de cada país, nessa etapa é imprescindível contar com uma descrição adequada do projeto, estabelecer as condições iniciais do meio, estimar as emissões e os impactos, definir e desenhar suas medidas de mitigação, estabelecer um plano de cumprimento da legislação ambiental local e prever os custos das medidas ambientais para incorporá-las nos fluxos do projeto.

.

4. MODELO DE *NEGÓCIO* *E FINANCIAMENTO*

Após o planejamento, um dos pontos essenciais das definições de um projeto de STPST é o financiamento. Podem existir centenas de estudos concretos ou múltiplos desenhos alternativos preliminares adequados, mas, sem o financiamento, serão somente boas análises, mas que por si só, não permitem a viabilização da construção.

Nesse contexto, e para efeitos da estruturação do financiamento, desenvolvem-se duas ideias fundamentais: um projeto de investimento público ou de Parceria Público-Privada (PPP), ou, do outro lado, a concessão total de exclusiva participação privada.

Obviamente, cada país deve zelar por garantir um método de financiamento condicionado com as realidades locais e, por tanto, a estrutura pode ser desde contribuição do governo (central e/ou local), e até uma combinação de cenários básicos por etapas ou integrais para a execução de um projeto terceirizado.

De fato, a obtenção de financiamento público normalmente pode ser a fundo perdido, estabelecido nos ativos de um país ou região local por meio dos mecanismos de orçamento anual do governo, determinado como contribuições de municípios locais, e em casos bastante isolados, estipulado mediante tributos territoriais ou de outra natureza.

A partir da visão teórica, sugere-se, que a virtude de incorporar o setor privado mediante uma PPP permite o financiamento de obras de alta rentabilidade social com recursos privados, tornando-as economicamente benéficas quando a recuperação do investimento se inicia em decorrência do pagamento por uso da infraestrutura ou de outro mecanismo.

Dentre as vantagens que as PPP fornecem, está a eventual economia em custos por eficiências do setor privado, por tecnologias inovadoras e por economias de escala, bem como pela transferência de riscos entre os dois setores e, ainda, pelo fato de contar com mais e melhores recursos para a execução de um gigantesco projeto, a sua aprovação e a tomada de decisão são mais rápidas.

O sucesso das PPP requer uma combinação de fatores que irão conduzir até um processo propício para atrair o setor privado, garantindo ao mesmo tempo a conquista dos objetivos de desenvolvimento da infraestrutura pública.

Normalmente, a justificativa para o uso de uma PPP, em vez da contratação pública convencional, se baseia na tese da distribuição ótima do risco com o parceiro privado, de forma que ofereça uma “relação qualidade/preço” melhor para o setor público e, em última instância, para o usuário final. Existem diferentes exemplos em ambos os casos, portanto cada país deve zelar por entender as razões de um ou outro e, prévio estabelecimento das condições, então tomar objetivamente a decisão para a execução de um projeto.

Os esquemas de PPP possuem um nível mais elevado de complexidade que a contratação pública convencional. É requerida uma preparação e um planejamento detalhado do projeto, bem como um gerenciamento adequado durante a fase de contratação para incentivar a concorrência entre os ofertantes. Também, é requerido um cuidado especial no desenho de contratos visando o estabelecimento de padrões de serviço, para designar os riscos e atingir um equilíbrio aceitável entre os riscos comerciais e as devoluções. Essas características requerem habilidades a serem desenvolvidas no setor público que nem sempre se encontram normalmente na contratação convencional.

A missão que se propõe a ser definida neste capítulo é entender a importância da escolha do Modelo de Negócio como a deliberação entre as diferentes alternativas no financiamento e no gerenciamento da implementação do projeto e as diferenças entre essas opções, suas vantagens e desvantagens.

4.1 Escolha de um Modelo de Negócio

Para a escolha do Modelo de Negócio devem ser considerados vários elementos necessários e críticos de resolver, com base na situação em que se encontra a empresa e/ou a autoridade que está prestes a desenvolver um grande projeto de STPST, e que permitem, uma vez definidos, dar prioridade ao desenho definitivo e à execução do projeto.

Essa decisão poderia ser a mais importante e de influência na vida útil do projeto, pelo qual esses elementos passam a serem chaves na resolução do financiamento:

- Volume de investimento CAPEX (*Capital Expendure*) e OPEX (*Operating Expense*)
- Marco legal e institucional
- Aspectos técnicos do projeto
- Viabilidade econômica – financeira
- Relações com a comunidade e o meio ambiente, riscos e responsabilidades

4.1.1. *Investimento*

Em todo projeto, seja ele público ou de parceria privada, é importante estimar os custos relacionados com sua implementação. Sua magnitude pode ser uma limitação importante para a autoridade e, portanto, não estar em condições de fluxos do país ou da região para sua absorção no curto e médio prazo.

Outro efeito importante no montante do investimento é contar com os recursos de moeda local ou estrangeira para enfrentar as necessidades do projeto, além do impacto gerado nas contas nacionais.

Distinguem-se duas categorias:

- **CAPEX:** corresponde à somatória dos recursos destinados à implantação da infraestrutura necessária para o empreendimento. A maior parte dos investimentos geralmente ocorre nos primeiros anos do projeto, resultando em um esforço financeiro maior nesse período. Deve-se considerar, além disso, a necessidade de reinvestimentos com a finalidade de atualizar, readequar e/ou ampliar o projeto desenvolvido. Como exemplo, a lista a seguir corresponde àqueles itens que poderiam ser considerados no CAPEX de um projeto de STPST:
  - Administração
  - Assistência técnica
  - Desapropriações
  - Modificações do serviço
  - Obras civis
  - Projetos e estações
  - Vistorias técnicas
  - Equipamento estrangeiro
  - Equipamento nacional
  - Imposto moeda estrangeira
  - Imprevistos
  - Material rodante

- **OPEX:** os gastos operacionais são todos aqueles que estão direta e/ou indiretamente ligados com a prestação do serviço, uma vez que o projeto está em andamento. Especial atenção deve dada ao processo de estimativa desse valor que pode alterar significativamente os resultados do fluxo de caixa. Alguns itens dos gastos apresentam variações nos preços em um período diferente daquele em que o fluxo de caixa foi elaborado, por exemplo, insumos cuja variação histórica apresenta desvios dos índices de inflação e/ou variação cambial. Nesse caso, deve ser realizado um tratamento especial visando refletir esses desvios.

Nos projetos de STPST, os principais gastos operacionais são: mão de obra administrativa e operacional, energia elétrica e manutenção:

Mão de obra administrativa e operacional

Deve ser dimensionada considerando o nível de serviço definido na etapa do planejamento, da legislação trabalhista e dos acordos coletivos, dos índices de ausência ao trabalho, do mercado local de mão de obra, e da análise de conveniência e possibilidades de subcontratação.

Energia eletrica

O desenho do sistema elétrico a ser implantado, em função da confiabilidade e da disponibilidade requeridas, definirá a tensão da alimentação requerida para o fornecedor. A partir daí as formas de aquisição e de fornecimento de energia disponíveis no mercado devem ser pesquisadas para estabelecer o custo básico desse insumo. O projeto dos sistemas operativos, o material rodante e o plano operativo permitirão obter a estimativa do consumo e da demanda de energia requerida para que finalmente o gasto de energia elétrica possa ser calculado..

Manutenção

Os custos básicos para manutenção são definidos a partir da forma em que o sistema está desenhado. Dependendo do projeto definido para a infraestrutura, os sistemas e os equipamentos, existem variações significativas. Por exemplo, a decisão de um sistema pneumático de abertura e fechamento das portas para o material rodante necessitará de mais gastos em manutenção que um sistema elétrico. Outro fator que influi no custo da manutenção é o nível de serviço. Um exemplo é a sustentação do material rodante em função da quilometragem percorrida, que pela sua vez é definida pelo programa operacional para garantir a oferta do serviço estimado na pesquisa da demanda. Deve-se prestar especial atenção na projeção dos custos das peças de reposição e dos materiais importados, especialmente nos países da América do Sul que carecem de fabricantes especializados. Finalmente, os fatores associados com vandalismo e o contexto ambiental e climático devem ser considerados.

4.1.2. Marco legal e institucional

Para cada projeto, é importante definir a estrutura legal e institucional da organização que permita sua conformação integral. O modelo deve incluir os mandantes. Em alguns casos, eles são constituídos de uma combinação de governos locais, regionais ou nacionais, e a entidade desenvolvedora do projeto é designada, aquela que vai liderar desde a posição do mandante. Por exemplo, “Escritório Metrô” de um ministério com competências para infraestrutura em transporte, ou uma empresa ou organismo público que lidere a realização de tão importante tarefa.

Nessa revisão, a liderança política do projeto é fundamental, pois deve acelerar as decisões e não as travar com excesso de burocracia, tampouco atrapalhar as decisões técnicas, zelando pelos processos de desenvolvimento do projeto, com a

premissa principal de transparência e competência aberta.

É importante o marco legal e institucional que permita assegurar o correto desenvolvimento em cada fase da construção e na operação e da mesma forma o financiamento permanente para a execução das obras, e responder oportunamente às obrigações financeiras com os diferentes contratos de acordo com o cumprimento do avanço e dos acontecimentos.

A estrutura institucional que realizará o suporte das decisões deve contar com uma equipe de alta competência e focalizada (de poucas pessoas) que permita o gerenciamento do projeto por meio da simplificação e da agilização das decisões, idealmente constituir uma equipe de direção (governança da iniciativa).

4.1.3. *Aspectos técnicos*

Nesse aspecto, a questão principal é a presença de um líder técnico do projeto. Deve-se considerar, para efeitos de qualquer modelo de negócio, que a responsabilidade final da decisão das características principais do desenho do projeto é do proprietário do projeto e não deve ser delegada a terceiros.

Por outra parte e a partir da questão técnica, a escolha correta do método construtivo é vital, dando a primeir*a priori*dade para a segurança na construção, mantendo-a particularmente acima das considerações lógicas que às vezes tentam ser priorizadas no tocante ao custo e ao prazo. Não deve ser deixado em aberto, com o objetivo de definir o Modelo de Negócio adequado, os critérios dos projetos complexos. Assim, a premissa deve ser: estações simples e funcionais, esclarecendo desde o início se serão disponibilizados ou não espaços para promoção de negócios acessórios ou não tarifários. Nesse contexto, visibilizar o impacto das decisões de desenho no longo prazo, em um baixo e adequado custo de manutenção futuro, é chave para a manutenção da relação custo benefício entre CAPEX e OPEX.

Além disso, recomenda-se o estudo das alternativas técnicas de execução por trechos e tipologias construtivas, com a finalidade de identificar e quantificar economias que melhorem o benefício de cada uma dessas opções. Da mesma forma, as alternativas de traçado geográfico deveriam considerar, adicionalmente, o tipo de construção: subterrânea, em superfície ou elevada, embora possa ser formada de uma mistura de dois ou três desses tipos.

Em relação ao equipamento, a definição do projeto é um dos aspectos essenciais no tocante a seu nível de automatismo, que tem impacto no investimento e no custo de operação, o que aponta para uma decisão chave de maior custo provavelmente no investimento inicial, mas de menor custo na operação, aspecto relevante na hora de avaliar a disponibilidade de caixa para o financiamento.

Contudo, claramente as definições técnicas contribuem com condicionantes para o Modelo de Negócio finalmente proposto para cada projeto, e isso faz parte da análise política, financeira e técnica que deve ser realizada para a tomada de decisão a respeito.

4.1.4. *Viabilidade econômica e financeira*

Os elementos técnicos de desenho, de demanda, de investimento e de fluxos financeiros fornecem todos os *inputs* para a Avaliação Econômica de um projeto, a qual tem o objetivo de identificar as vantagens e as desvantagens ligadas com o investimento, comparadas com a situação antes da sua implementação. Essa peritagem é um método de análise útil para tomar decisões racionais perante diferentes alternativas, e se torna necessária para avaliar os custos que implica sua realização, desde a perspectiva de uma obra de infraestrutura pública ou com participação de privados.

Quando se fala de Avaliação Econômica, é comum confundi-la com a Avaliação Financeira, mas é importante diferenciar que nessa última

unicamente considera-se a vertente monetária de um projeto, com o objetivo de considerar sua rentabilidade em termos de fluxos de dinheiro, enquanto que, a primeira, integra em sua análise tanto os custos monetários, como os benefícios expressados em outras unidades relacionadas com as melhoras das condições de vida de um grupo. É possível falar, então, de rentabilidade ou de benefícios do tipo social.

Os passos necessários para identificar o objeto da Avaliação Econômica são:

- Definição da função social (geralmente é determinada no âmbito político/estratégico da autoridade governamental)
- Definição dos indicadores de avaliação (frequentemente os Estados determinam quais serão eles e os valores de referência aceitáveis na Avaliação Econômica)
- Estabelecimento de um sistema de obtenção de informação

Para realizar a Avaliação Econômica de um projeto, os diferentes países da região e da Península Ibérica têm desenhado e priorizado seus próprios métodos, ajustando-os com padrões internacionais. Porém, um dos aspectos comuns e mais relevantes é a correta determinação dos custos e dos benefícios do projeto.

Em relação à determinação dos custos, deve-se diferenciar:

- ***Custos diretos:*** gastos de investimento em bens móveis e imóveis, pessoal, formação, etc. Relacionam-se diretamente com alguma ou algumas das atividades e resultados planejados.
- ***Custos indiretos:*** não estão relacionados diretamente com atividades ou resultados, mas com o conjunto deles. Geralmente são chamados "gastos de administração" ou "de funcionamento" e referem-se ao pagamento do aluguel de escritórios, da eletricidade, da compra de computadores para administração, etc.
- ***Custos valorizados:*** estão ligados com alguma atividade ou serviço que não tem uma contraprestação monetária, mas uma solidária. Por exemplo, a mão de obra não qualificada que contribui com um grupo de vizinhos para a melhora de uma área verde nos arredores de uma estação.
- ***Custos de oportunidade:*** ssão os realizados para a escolha de uma alternativa (um tipo de projeto) e rejeição de outras. O custo de oportunidade do capital também é um indicador financeiro, definido como o melhor rendimento alternativo, de igual risco, no mercado de capitais. Deve-se responder a uma pergunta: vale a pena investir no projeto ou se ganharia mais dinheiro depositando, por exemplo, esse investimento a prazo fixo em um banco?

Finalmente, a análise do custo marginal que procura considerar a pertinência de gastar mais para conseguir certa quantidade de benefício adicional deve ser adicionada. Por exemplo, em um projeto de STPST deve ser incorporada a conveniência da implantação de uma extensão da linha, para beneficiar novas comunidades não incorporadas na iniciativa original.

No tocante à determinação dos benefícios, deve-se considerar:

- ***Benefícios recebidos pelas pessoas:*** ssão benefícios não monetários diferenciados de forma subjetiva pelas pessoas, ou definidos, igualmente de forma subjetiva, por profissionais ou especialistas de determinadas matérias. É o caso que ocorre, quando um projeto é colocado em serviço, na avaliação do aumento da qualidade de vida da população beneficiária.
- ***Benefícios objetivos não monetários:*** trata-se dos benefícios objetivos no sentido de que sua quantificação já está definida.
- ***Benefícios monetários:*** quase sempre se referem à rentabilidade de um investimento realizado, isto é, aos benefícios financeiros que são atingidos pelo projeto avaliado. Como no caso dos custos, é necessário que esses tipos de benefícios, inclusive aqueles de caráter mais subjetivo, sejam quantificados. Não é tão importante em que tipo de unidade de medida são valorizados quanto o fato de que efetivamente sejam expressos em unidades numéricas.

4.1.5. *Análise de riscos e responsabilidades*

Nos diversos aspectos a serem levados em conta para o desenvolvimento adequado de um modelo de negócio é importante realizar uma análise de riscos e determinar as responsabilidades e suas mitigações.

Nesse ponto, deverá se colocar um foco importante na identificação dos riscos. Por ser uma obra pública, existem todas as complicações possíveis por parte da autoridade política que toma a decisão, portanto, assume-se uma ponderação adequada delas, e o incorpora em seu desempenho.

Por outro lado, a distribuição ótima do risco com o parceiro privado é a chave que garante o sucesso da sociedade. Da mesma forma, o sistema de incentivos deve estar alinhado com o risco assumido.

Dentro dos tipos de riscos associados com concessões ou PPP, identificam-se estas agrupações gerais: os riscos políticos e macroeconômicos (relacionados com a decisão do projeto, por exemplo, desde a disponibilidade de fluxos financeiros); os riscos de mudanças legislativas; a quantidade de ofertantes para desenvolver competência; as possibilidades de bancarização do projeto, etc.

Também estão os riscos inerentes ao projeto, que se relacionam com a experiência do mandante ou do privado, com o caminho crítico e com o cronograma do projeto, com a capacidade de integração dos sistemas, com as interfaces, com os riscos de demanda, com os riscos de desenho, etc.

Finalmente, o risco do mandante sob o prisma da entrega de alguma parte ou de uma nova linha completa a um terceiro, devem ser analisados para prever seu enfrentamento.

É importante abordar o gerenciamento de riscos no início do planejamento do projeto, apoiado por especialistas e equipes com experiência na identificação de perigos com base em grupos de trabalho, em reconhecer mitigações, em definição dos responsáveis, na execução de um plano adequado e em fazer acompanhamento nas diferentes etapas do empreendimento, tornando-se um processo iterativo para atingir o sucesso.

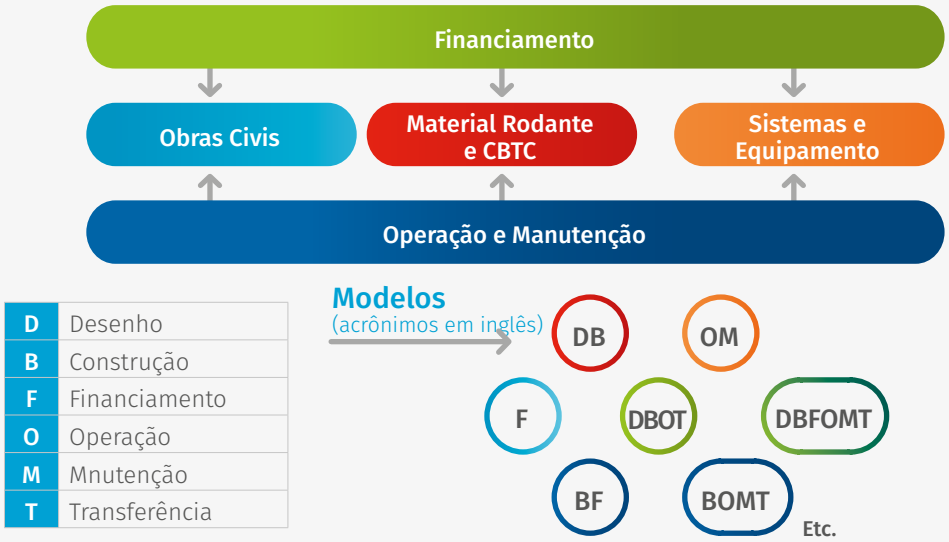
4.2 Tipos de Modelo de Negócio

A realização de um projeto de construção de metrô precisa da criação de uma relação duradoura e bem-sucedida. Diante disso, é necessária uma análise prévia e detalhada sobre qual tipo de modelo será utilizado, seja obra pública, concessão ou PPP, isto é, qual grau de terceirização vai ser utilizado para obter os resultados esperados.

A figura a seguir permite visualizar de forma geral o esquema que possivelmente será enfrentado na tomada de decisão do tipo de modelo de negócio a ser estabelecido.

Figura 4.1

"Esquema de alternativas de Modelo de Negócio"



Fonte: ALAMYS, 2018.

O esquema permite identificar três grandes processos no desenvolvimento do projeto:

i) O desempenho do financiamento

ii) A execução de obras civis, equipamentos, sistemas e material rodante

iii) A operação do serviço

Nesse caso, se todos os processos são realizados a partir da contribuição do governo (central ou local), trata-se de infraestrutura pública. Porém, no momento em que uma parte é entregue a terceiros/privados, trata-se de Parceria Público-Privada.

4.2.1. *Obra pública*

No marco de obra pública, entende-se tanto o processo de construção, como da operação por parte das entidades públicas, e a empresa ou a instituição formada para tal finalidade.

Nesse caso, os diferentes processos de licitação requeridos pela construção de uma linha podem ser classificados em três grandes grupos com o objetivo de definir os itens de licitações que serão desenvolvidos no período de construção de linhas:

Obras Civis, que possuem os seguintes aspectos::

- Estudos, engenharia e projetos: desenvolvimento do Projeto Básico e do Projeto Executivo.
- Inspeções técnicas e coordenação geral do projeto: licitadas em modalidade pública para empresas de engenharia e de inspeções e, no caso dos túneis, com experiência demonstrada em desenho e construção e, consorciadas com engenharias estrangeiras especializadas no desenho desse tipo de estruturas.
- Gerenciamento de desapropriações: no caso do Metrô de Santiago, por exemplo, a realização das desapropriações para suas obras está a cargo do Ministério de Obras Públicas. Isto é, o contratante não se preocupa com a aquisição de terrenos.
- Modificações dos serviços úmidos e secos: contratos ou ordens de trabalho com empresas de eletricidade, de telecomunicações, de gás, de água potável, etc.
- Construção de obras: licitadas entre empresas contratantes civis, normalmente baseadas em critérios de experiência e solidez das empresas. Em geral, correspondem a processos de Licitação Pública segundo especificações e projetos executivos conhecidos (entregues pelo mandante).
- Sistemas e equipamentos nacionais e estrangeiros: normalmente são licitados na modalidade pública internacional. O processo é realizado mediante o cumprimento de especificações funcionais técnicas e, consequentemente, o proponente designado fornece o projeto executivo, a montagem e a colocação em serviço.
- Material Rodante: o mandante faz a entrega da especificação funcional detalhada, e o projeto executivo (desenho) faz parte do projeto do fornecedor designado. Geralmente a modalidade é de Licitação Pública Internacional e, na maioria delas, é realizado um processo prévio de pré-qualificação dos fornecedores. Em geral, o fornecimento entregue nos depósitos ou oficinas está incluído na concorrência. Recentemente foi observada a incorporação de processos de acabamento no país mandante. Adicionalmente é licitada a inspeção na fábrica por meio de Licitação Pública Internacional, com prestação da assessoria até a colocação em serviço do fornecimento completo.

4.2.2. *Parceria Público – Privada (PPP)*

Existe uma ampla variedade de PPP que dependerá do nível de participação da entidade privada no projeto de infraestrutura. As diferenças entre os diversos modelos de PPP estão relacionadas com o envolvimento de cada setor no tocante ao desenho, ao financiamento, à construção, à operação e/ou à transferência no final do período.

Algumas conclusões sobre a ampla variedade de experiências de PPP, em termos gerais, são:

- Na maioria dos casos procura-se realizar projetos que, devido a seus altos custos, não possam ser financiados completamente pelo setor público, embora sua importância no transporte das cidades. Existem montantes em média onde os privados cobrem entre 20% e 35% do investimento associado com os projetos.

- Em decorrência dos custos envolvidos, na maioria das vezes a parte pública realiza o financiamento e a execução da construção da infraestrutura (vias, túneis e estações), enquanto que a privada fornece o material rodante e os ativos operacionais. Isso não restringe que existam casos de concessão integral terceirizada.
- A duração desses convênios varia entre 30 a 35 anos, com possibilidades de extensão.
- A modalidade de convênio mais utilizada é DBOM (Desenho, Construção, Operação, Manutenção, na sigla em inglês), visando que o privado considere e otimize todas as variáveis operacionais do projeto desde sua etapa inicial, garantindo resultados mais eficientes e com rentabilidade positiva durante seu gerenciamento na etapa de operação do sistema.
- O benefício que uma PPP fornece à sociedade vai depender de como e em que medida os diferentes riscos do projeto forem designados à parte pública e privada. Nos casos em que esse último for considerado o setor melhor posicionado para enfrentar um risco (como dos custos de construção, por exemplo), então as responsabilidades sobre esses valores deveriam ser transferidas a ele. Por outro lado, quando o privado for considerado menos capaz de lidar com uma determinada dificuldade ou desafio (como a demanda), pelo menos parte da responsabilidade deverá permanecer no setor público.
- As receitas do privado se baseiam na arrecadação de toda ou parte das receitas tarifárias e, em ocasiões, das não tarifárias, durante o período de vigência do convênio ou em pagamentos realizados pela parte pública em decorrência do cumprimento de indicadores de desempenho. Eles podem estar baseados na disponibilidade do serviço, nos níveis de uso, na qualidade do serviço ou em um *mix* dos anteriores, cujas metas são definidas no início do acordo e ajustadas no percorrer do tempo.

É importante destacar que não existem soluções e nem pautas únicas a serem utilizadas para a escolha da estratégia mais adequada, mas é relevante a clara identificação dos objetivos do projeto e do contexto de onde ele estará inserido pela parte pública, para poder visualizar plenamente as vantagens e as limitações desse esquema.

A determinação do nível de participação do componente privado desde o início do projeto é realmente crítica, assegurando assim que as estratégias de PPP sejam desenhadas de forma adequada e regulada.

A seguir, um resumo das tipologias mais frequentes dos modelos de PPP existentes[9]:

1. ***Operação e Manutenção (OM):*** sestrutura-se uma terceirização baseada em aspectos de produção, e é utilizada quando existe operação de extrema complexidade com baixa quantidade de fornecedores.
2. ***Desenho e Construção (DB):*** amplamente escolhido para obras públicas, onde o projeto e sua execução são terceirizados.
3. ***Desenho, Construção, Manutenção (DBM):*** usado para terceirizar obras de infraestrutura, incluindo sua manutenção e dadas as competências existentes do contratante.
4. ***Desenho, Construção, Operação (DBO):*** opção para obras de infraestrutura que incluem a operação e dadas as competências existentes do contratante, não sendo requerida uma manutenção intensiva.
5. ***Desenho, Construção, Operações e Manutenção (DBOM):*** sistema mais amplo de

9 As siglas correspondem aos conceitos em inglês: Operation, Maintenance, Design, Building, Financing.

concessões onde há transferência desde a etapa de desenho e até a operação e no qual o privado não incorpora fundos próprios.

6. ***Desenho, Construção, Financiamento, Operação e Manutenção (DBFOM):*** é uma das concessões mais completas, onde o financiamento é terceirizado com um período de recuperação estimado em função do investimento terceirizado.

Existe uma ampla variedade de combinações de formas de PPP que não são desenvolvidas neste Guia, pois o objetivo não é aprofundar com excessivos detalhes e, além disso, existe bibliografia em abundância especializada nessa temática em particular.

4.3 Casos de Modelo de Negócio existentes na ALAMYS

Entre os parceiros da ALAMYS é possível encontrar diversas iniciativas de construção, de operação e de manutenção de linhas de metrô baseadas em PPP, que têm apresentado diferentes resultados.

A partir da primeira experiência registrada, correspondente ao Metrô de Singapura em 1986, são vários os sistemas que têm utilizado diferentes modelos de PPP para realizar e executar seus projetos, chegando a acordos entre ambos os setores onde o primeiro transfere serviços ou trabalhos de sua responsabilidade para o segundo, conforme um convênio claro de objetivos compartilhados para o fornecimento do serviço público ou do uso da infraestrutura pública.

A seguir, serão apresentadas as experiências desse tipo de colaboração realizadas no MetrôRio (Brasil), na Linha 2 do Metrô de Lima e Callao (Peru), nos Subterrâneos de Buenos Aires, SBASE (Argentina) e no Metrô de Santiago (Chile).

Para cada um deles serão indicados os escopos e o tipo de modelo de colaboração utilizado.

4.3.1. *MetrôRio*

O MetrôRio é o sistema de metrô do Rio de Janeiro, Brasil e sua rede composta de três linhas: 1, 2 e 4. Somente o Modelo de Negócio das linhas 1 e 2 será considerado, as quais juntas somam um total de 54,5 km de rede, pois a linha 4 rege-se por outro modelo que não será aqui apresentado.

Figura 4.2
"Operação da linha 1 do MetrôRio"

Fonte: MetrôRio.

Abrangência e definição do modelo

A Concessão Metroviária do Rio de Janeiro S.A. – MetrôRio é desde 2009 uma empresa do grupo Invepar-Investimentos e Participações em Infraestruturas S.A. e tem o contrato de concessão para operação e manutenção das linhas 1 e 2 do sistema.

A concessão das linhas 1 e 2 foi o resultado de um leilão ocorrido em 1997, que culminou com a assinatura do contrato de concessão válido por 20 anos, renovável por igual período.

A modalidade de concessão utilizada foi OM, isto é, Operação e Manutenção.

Financiamento y participação

O contrato de concessão é de longo prazo celebrado entre o Poder Concedente e o concessionário (operador) para a prestação de serviço público, que precisa ser mantido, durante sua vigência completa, em estado de equilíbrio. No eventual desequilíbrio, seja ele de qualquer um dos dois, será refletido na tarifa (aumento ou redução).

Sobre as receitas obtidas com a venda de passagens, o MetrôRio tem direito a receitas acessórias, entre as quais está a operação comercial de espaços disponíveis nas áreas objeto da concessão, sempre que essas atividades complementares não afetem contrariamente a prestação dos serviços de transporte de passageiros.

O MetrôRio é responsável pela administração, pela operação e pela manutenção das linhas 1 e 2, sendo os investimentos de responsabilidade do Poder Concedente. Sua execução, por parte da concessionária, deverá ser previamente autorizada por ele.

Como parte do convênio, o Poder Concedente transferiu para o MetrôRio a posse dos bens destinados e vinculados com a prestação dos serviços, entre eles: imóveis, estações, trens e os bens restantes, sendo responsabilidade do segundo zelar pela integridade dos elementos que lhe foram cedidos, denominados "bens reversíveis", que deverão ser devolvidos para o Poder Concedente no final do contrato entre as partes.

Em 27 de dezembro de 2007, o MetrôRio assinou com o Poder Concedente o sexto "Termo aditivo no contrato de concessão", prorrogando-o, sob condição resolutiva, até 27 de janeiro de 2038. Até aquele momento, com base nos termos vigentes, a concessão seria encerrada em 27 de janeiro de 2018. A extensão do contrato ocorreu em contrapartida de investimentos a serem realizados pelo MetrôRio (implementação de novas estações, aquisição de novos trens e modernização das novas operações), por pagamento de entrega da concessão.

4.3.2. *Linha 2 do Metrô de Lima e Callao*

O Metrô de Lima e Callao é o sistema de metrô de transporte da capital peruana. Conta com uma linha em operação de 33,1 km que atravessa a cidade do sul até o nordeste e transporta 107 milhões de passageiros anuais. A linha 2 está sendo construída desde dezembro de 2014 e considera 35 km de vias, incluindo um ramal de 8 km.

Escopo e definição do modelo

No ano de 2012 o governo peruano aprovou o início do gerenciamento para a construção da linha 2 com base em PPP, mediante licitação internacional. Como resultado do processo, em 2014 foi selecionado o Consórcio Novo Metrô de Lima, formado por seis empresas estrangeiras e uma peruana.

Figura 4.3

"Obras da linha 2 do Metrô de Lima e Callao"

Fonte: AATE.

A modalidade da concessão utilizada pelo Metrô de Lima e Callao foi DBFOM, isto é, Desenho, Construção, Financiamento, Operação e Manutenção.

Financiamento e participação

EO Consórcio é responsável do desenho e da construção da infraestrutura, da aquisição do equipamento e do material rodante, e da operação e manutenção dos ativos durante o período de duração do convênio estabelecido de 35 anos.

O Estado será encarregado da desapropriação de terrenos, do planejamento e programação da operação e de assegurar o cumprimento das condições de construção e de operação da concessão, tendo como objetivo melhorar a qualidade do serviço e aumentar o escopo da infraestrutura da rede básica.

Con todo, el Consorcio recibirá por parte del Estado pagos efectivos desde el inicio de la operación, y en un esquema trimestral correspondiente a la retribución por las inversiones realizadas. Estos, serán emitidos en base a los Ingresos Tarifarios obtenidos desde que la línea entre en operación, por un periodo de 35 años que dura el contrato.

Además, el Consorcio recibiría un porcentaje de servicios complementarios (arriendo de locales, publicidad, mantenimiento de otras líneas) y el 100% de los servicios opcionales (estacionamiento y arrendamiento espacios).

4.3.3. *Subterrâneos de Buenos Aires (SBASE)*

Subterrâneos de Buenos Aires Sociedade do Estado (SBASE) é o metrô da capital argentina. Inaugurado em 1913, se transformou no primeiro metrô hispano-americano. Esse sistema conta com uma extensão de 55 km, formado por seis linhas em operação.

Escopo e definição do modelo

DApós anos de gerenciamento como operador de propriedade do Estado, em 1994 foi definido um novo Modelo de Negócio para a SBASE, e o contrato com a concessionária Metrovias foi assinado para sua operação e manutenção. Isso, com o objetivo de recuperar um sistema degradado, e melhorar assim a qualidade de seu serviço. Em 2013, o gerenciamento administrativo foi transferido do Governo Nacional para o Governo da Cidade de Buenos Aires, com a missão de elevar os padrões da qualidade do serviço e o fortalecimento da segurança.

A concessão das linhas A, B, C, D, E e H têm a modalidade de OM, isto é, Operação e Manutenção. É importante destacar que a proprietária e administradora do "subte" e do premetro é a SBASE, encarregada de realizar a proposta da expansão e dos investimentos sobre a rede atual. Além disso, faz a supervisão do acordo de operação e de manutenção com o operador privado.

Financiamento e participação

O atual contrato de concessão com Metrovias venceu em dezembro de 2017 e foi ampliado até dezembro de 2018 para desenvolver um novo processo de licitação em outros termos. Foi um chamamento público nacional e internacional que visa a escolha de uma entidade que tome conta da operação e da manutenção da rede subterrânea e do "premetro", por um prazo de mais 12 anos com opção de 3 de prorrogação, desde janeiro de 2019.

O vencedor deverá constituir uma nova Sociedade Anônima de objeto único, e assumir um critério de retribuição baseado na oferta de serviços ($/por carro-km comercial - *Gross Cost Contract*[10]).

No tocante às políticas e tarifas, a SBASE continuará a cargo da expansão e da melhoria da rede, da definição dos serviços de transporte (quantidade e qualidade), do acompanhamento do contrato, das receitas não tarifárias, da segurança pública nas estações e trens, e da definição da tarifa ao usuário; enquanto que quem obtiver adjudicação do contrato de operação e manutenção, será responsável da prestação do serviço de trens e da sustentação da infraestrutura, do material rodante e das instalações em geral, além do gerenciamento das receitas tarifárias, das estações e da segurança patrimonial.

10 *Gross cost contract:* srefere-se a um contrato onde o adjudicado tem que assumir todos os gastos relacionados com a operação do negócio.

Figura 4.4

"Exemplo de campanha publicitária de Metrovias para promover a limpeza dentro das estações do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Metrôvías.

4.3.4. *Metrô de Santiago*

O Metrô de Santiago é o transporte massivo sobre trilhos da capital chilena, inaugurado em 1975. Esse sistema tem uma extensão de 140 km, sete linhas (linhas 1, 2, 3, 4, 4 A, 5, e 6) e 126 estações.

Escopo e definição do modelo

O Metrô de Santiago é uma empresa pública, 100% de propriedade do Estado do Chile. Porém, na sua origem, nasceu sob o abrigo do Ministério de Obras Públicas, administrado dentro da Direção do Metrô da entidade. Em 1989, se transformou em Metrô de Santiago S.A., passando a ser uma Sociedade Anônima Fechada que se rege pelas normas próprias do país para Sociedades Anônimas, ainda quando seus acionistas são a Corporação de Fomento da Produção (CORFO) e o Ministério da Fazenda; ambos, organismos estatais.

Por lei, é uma empresa de transporte de passageiros e atividades relacionadas que tem o mandato do Estado de desenvolver os projetos de expansão da rede e posterior operação.

Financiamento e participação

O cenário atual estabelecido para o Metrô de Santiago, em relação ao Modelo de Negócio, considera um financiamento com contribuições do Estado e mais um que é autogerido desde a empresa, através de uma tarifa técnica. Nesse sentido, o Metrô é o encarregado do desenvolvimento da construção do projeto, da operação e da manutenção da infraestrutura e dos equipamentos, além de realizar a operação comercial.

Adicionalmente, deve-se destacar que 20% das receitas totais da estatal resultam de um modelo de financiamento que inclui a instalação bem-sucedida de diversas linhas de negócios não tarifários: publicidade, varejo, intermodal, imobiliário, serviços, telecomunicações, canal de venda e consultorias internacionais.

Figura 4.5

"Desenvolvimento comercial em estação Escuela Militar, Metrô de Santiago"

Fonte: ALAMYS.

4.4 Conclusões

A estruturação de um Modelo de Negócio adequado, isto é, da estrutura legal, da institucional e do financiamento, e a definição de como o Estado participa por meio de algum organismo público ou de uma PPP, é um elemento chave para a viabilidade econômica que sustenta a decisão de um projeto dessa envergadura.

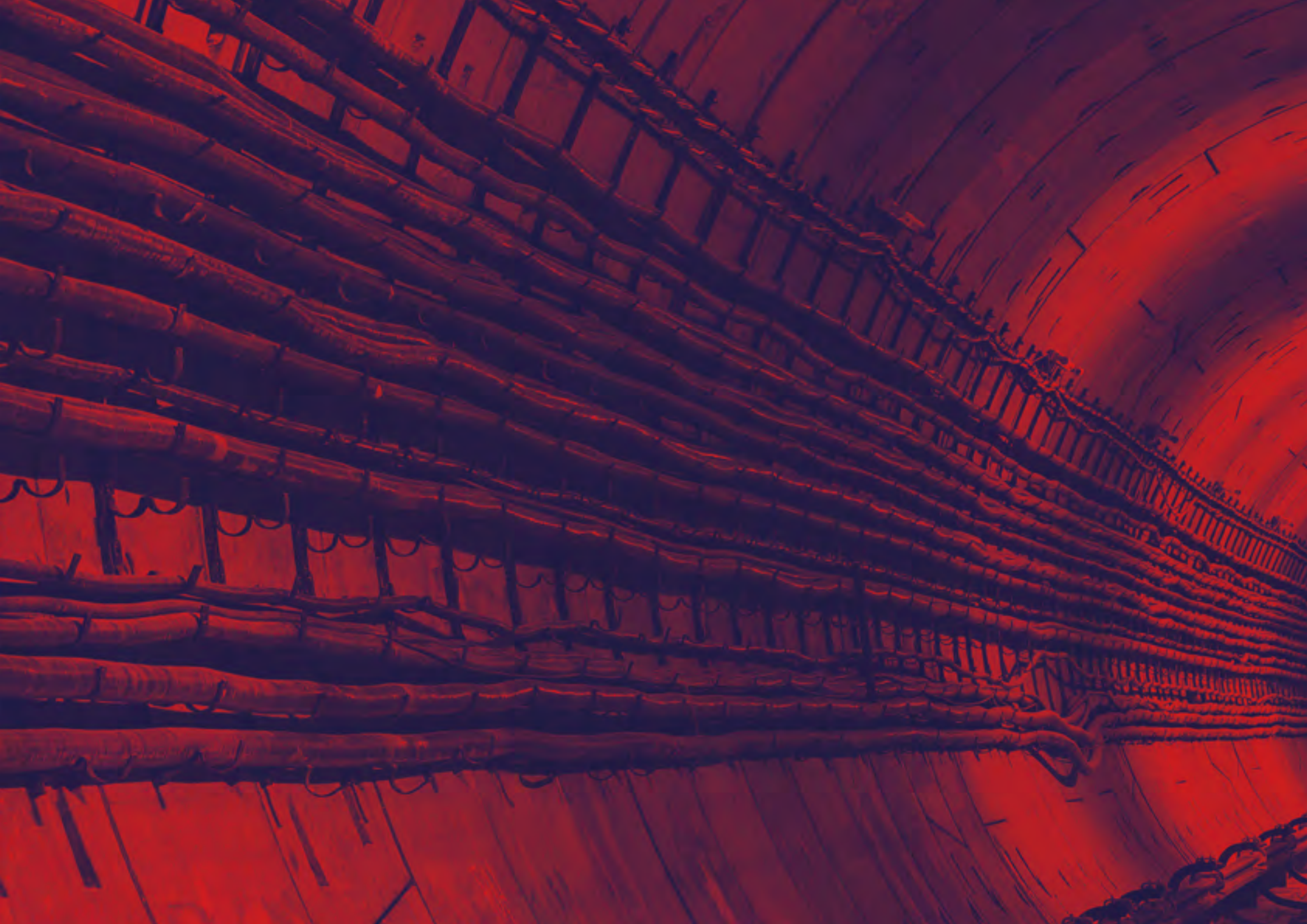
Alguns elementos chaves para a análise do Modelo de Negócio se baseiam no nível de investimento e na capacidade de gerar fluxos para financiar, nos aspectos legais e institucionais, em como abordar a execução do empreendimento de melhor forma, nos atributos técnicos de definições complexas, e nos critérios de avaliação de riscos e medidas de mitigação adequadas.

Apesar de que existem exemplos tanto de sucesso como de fracassos no uso de PPP em projetos de STPST, é relevante destacar que essa modalidade teve um efeito transformador no setor nos últimos anos. Os governos têm enfrentado enormes dificuldades para conseguir espaço em seus respectivos orçamentos e assim abordar o financiamento dessas gigantescas obras, portanto é importante destacar o mecanismo de participação dos entes privados resultando na procura real de soluções para a mobilidade das pessoas no transporte massivo ferroviário.

Se bem que não exista uma forma ótima para definir a escolha de um Modelo de Negócio específico, há a convicção de que os elementos tratados nesse capítulo devem ser ponderados por cada autoridade, e sujeitos à realidade local, onde será possível encontrar o melhor esquema para as condições dadas. Portanto, o exposto aqui não deve ser considerado como “receita” única e sempre bem-sucedida, pois cada contexto geográfico e socioeconômico-político é especial.

Existem iniciativas com alto reconhecimento e sucesso na implementação, baseadas em uma obra pública e de operação pública, bem como também existem importantes projetos desenvolvidos graças ao apoio de entes privados sob um esquema de PPP.

Contudo, também é importante mencionar que existem numerosos empreendimentos que sofreram situações complexas, o que não necessariamente implica no sucesso ou no fracasso de como se pensou no Modelo de Negócio, mas, provavelmente, na avaliação de riscos e mitigações, e nas conjunturas difíceis de serem superadas por vários anos, o que obviamente é conclusivo no momento de fazer recomendações.



5. CONSTRUÇÃO

Esse capítulo está orientado a dar uma visão a partir da experiência dos parceiros da ALAMYS envolvidos nesse Guia, particularmente nos aspectos relevantes do processo de construção seja em túnel, em superfície ou trincheira, ou elevado. Para isso, a *expertise* profissional e particular dos projetistas, dos inspetores, dos construtores e dos diretores de obras que colaboraram no desenvolvimento desse artigo foi levada em conta, e com a certeza de que a interação das diferentes especialidades e o conhecimento de cada uma é iniludível para seu desenvolvimento.

Nessa linha, será indicada a grande importância da definição e da decisão de um método construtivo em diferentes tipos de solos, nas condições do entorno e conforme as normativas gerais para diversos países.

Será realizada uma descrição das etapas do projeto e da obra, desde a ótica da construção de obras civis de um STPST, com a finalidade de colaborar na tomada de decisões ligadas com as características de um melhor empreendimento desse tipo e com a adoção de um procedimento construtivo adequado.

Essas etapas são consideradas fundamentais desde a fase inicial, onde a engenharia deve resolver, se tecnicamente possível e de forma eficiente, a união de dois pontos extremos (e alguns pontos intermédios) de uma cidade, cuja demanda de mobilidade necessite da implementação de um sistema de um STPST.

É necessária a intervenção de todas as especialidades nos processos de desenho, complementando suas experiências nos diferentes tipos de obra.

Como nesse capítulo são tratados os diferentes tipos de desenvolvimento ferroviário e de metodologias construtivas, obviamente, deve-se adotar e associar sua leitura com o tipo de transporte previsto na fase correspondente ao planejamento, onde o modelo operacional é definido

.

5.1. Considerações prévias

A definição do traçado de um projeto de STPST é uma questão crucial do projeto de infraestrutura, pois a maioria das decisões tomadas no transcorrer dessa etapa terá importantes repercussões, seja uma obra nova ou a extensão de uma existente.

Todo projetista deve considerar os seguintes aspectos: a segurança, a rigidez do sistema, os condicionantes técnicos e os normativos (meio ambiente, comunidade, legais, etc.), o prazo de execução, os custos de investimento, da operação e da manutenção, e os atributos em relação à qualidade do serviço.

Os condicionantes mais importantes do traçado são

- Construções existentes e futuras e o urbanismo
- Cobertura mínima no caso de túneis ou alturas mínimas no caso de viadutos
- Necessidades de operação ferroviária
- Seções tipo supostas na engenharia conceitual
- Planos ou alternativas de extensão do projeto em desenvolvimento

A análise se inicia uma vez tomada a decisão de desenvolver um traçado que vai unir dois pontos urbanos para conectá-los com um sistema de transporte ferroviário massivo.

Dependendo da localização do traçado, das interferências existentes, do desenvolvimento urbano da área de influência do traçado e das características do solo envolvido na construção da infraestrutura, será definido o tipo de transporte e os modelos construtivos a serem utilizados.

De qualquer forma e dependendo do nível da heterogeneidade das características anteriores que se apresentarem no traçado, dos recursos disponíveis e das interferências atuais e futuras que o projeto tenha que cumprir, é possível combinar diferentes tipos de sistemas de transporte ferroviário (metrô pesado, trem metropolitano, VLT, etc.). Contudo, é muito importante avaliar as funcionalidades operacionais e de intercâmbio de passageiros na combinação de STPST.

Por outro lado, um mesmo tipo de sistema pode ser desenvolvido considerando diferentes tipos de infraestrutura, como túnel, em superfície ou elevado; mas não diferentes tecnologias (operacional).

É importante indicar os três tipos de construções (ou tipos de infraestrutura) para um projeto de transporte ferroviário massivo de passageiros. Esses tipos de construção são:

- Túnel
- Em superfície ou "trincheira"
- Elevado

Para a escolha do tipo de construção, ou mais de um tipo por trechos, deve ser levado em conta:

- A infraestrutura da zona urbana
- A infraestrutura subterrânea, as interferências dos serviços públicos
- Possíveis jazidas arqueológicas e/ou paleontológicas
- Setores sensíveis para a comunidade (culturais, religiosos, naturais, etc.)
- Entornos com flora e/ou fauna protegidas
- Tipos de solos
- Falhas dos solos
- Espaço livre até a construção existente e futura
- Lençóis de águas subterrâneas
- Profundidades

Como cada projeto tem suas particularidades e, em ocasiões, os condicionantes ambientais do local podem forçar um tipo de construção, as características de cada tipo de construção (em termos de infraestrutura) podem ser comparadas conforme o mostrado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1

"Tipos de infraestrutura e características de sua construção"

CARACTERÍSTICA DE COMPARAÇÃO		TIPO DE INFRAESTRUTURA		
		TÚNEL	EM NÍVEL DO SOLO	VIADUTO
Custo		Alto	Baixo	Médio
Impacto do tipo de solo		Alto	Baixo	Médio (Altura e tipo de solo condicionante, profundidade, tipo e forma das fundações)
Velocidad de Transporte		Não está condicionada a interferências viárias	Está acondicionada a interferências viárias	Não está condicionada a interferências viárias
Risco durante a construção		Alto Precisa de monitoramento permanente (durante e depois)	Baixo	Médio Precisa de monitoramento permanente(durante e depois)
Resistência sísmica		Maior	Maior	Menor
Impacto ambiental (durante a construção)	*Visual*	Baixo	Alto	Alto
	Barulho	Baixo	Alto	Alto
	Vibrações	Baixo	Alto	Médio
	Poluição	Médio	Alto	Baixo
	Resíduos	Baixo	Baixo	Baixo
	Biodiversidade	Baixo	Médio	Médio
	Achados arqueológicos	Alto	Alto	Médio
	Achados paleontológicos	Alto	Baixo	Médio
Intervenção Superficial		Baixo	Alta (Precisa de uma faixa superficial longitudinal importante)	Media (Pode precisar planta de pré-fabricados)
Integração Urbana		Complexa (prédios verticais subterrâneos)	Práctica (integração no nível)	Complexa (prédios verticais)
Interferências com redes existentes (água potável, redes de esgoto, águas de chuva, comunicações, canais, etc.)		Média	Alta	Alta
Restituição das superfícies sujeitas à intervenção		Máxima	Mínima	Média

Fonte: ALAMYS.

5.1.1. *Impacto urbano e interferências*

A qualidade da oferta do serviço de transporte vai produzir alguns efeitos ou impactos, tanto para os usuários do sistema, como para o restante dos habitantes e o centro urbano.

Nesse sentido, o impacto urbano é a pegada ou sinal deixado por uma transformação na cidade, seja positivo ou negativo, como consequência de uma modificação causada por obras ou outras atividades.

O instrumento para avaliação da compatibilidade do projeto de STPST com o entorno urbano, é o Estudo de Impacto Urbano (EIU) para as etapas de construção, de operação e de manutenção, com a finalidade de conhecer, evitar e/ou mitigar, para benefício da população que mora na cidade, os impactos gerados nas características da estrutura viária, hidráulica, sanitária, social e econômica, bem como da imagem urbana existente.

Os EIU são instrumentos técnicos para o planejamento do desenvolvimento das cidades, utilizados para medir e prevenir os impactos que todo projeto gera em seu entorno, para sua valorização e autorização.

Os profissionais encarregados da realização desse serviço devem contar com ampla experiência comprovável em matéria de desenvolvimento urbano, sistemas viários e transporte, pois isso implica em procedimentos metodológicos especiais para a elaboração do diagnóstico, bem como das projeções nos diferentes cenários hipotéticos durante a construção e a operação do empreendimento.

O objetivo essencial do EIU é estabelecer as condições de base para a realização do projeto, como serão geradas as ações de mitigação, de eliminação ou de prevenção dos impactos manifestados, e como será integrado o desenvolvimento com a estrutura urbana pré-existente.

As principais atividades que o estudo deve desenvolver são:

- **Descrição do projeto:** deve ser realizada de forma clara e concisa, qualitativa e quantitativamente, especificando suas dimensões e capacidades para entregar uma ideia clara sobre ele. Igualmente, os objetivos ou propósitos fundamentais do projeto devem ser descritos, isto é, responder a uma pergunta: o que se quer fazer? Nesse ponto, será indicada a situação que a iniciativa procura.
- **Prejuízos durante as obras:** deve ser considerado que durante a execução das obras ocorrerão interferências e inconvenientes inevitáveis nas atividades quotidianas do entorno, seja por alteração da prestação dos serviços públicos, pela contaminação por barulhos, pelas vibrações, pela contaminação do solo e por massas de água, pela deterioração do sistema viário adjacente (diminuição da oferta ou da capacidade das vias, pela redução das velocidades de circulação, etc.) o que se traduz em grandes modificações na paisagem urbana.
- **Realocação de interferências:** a detecção de redes existentes de serviços afetados (públicos e privados) na construção de um STPST é chamada "interferências" e, geralmente, são encontrados os seguintes tipos:
    - Redes de água potável
    - Redes de esgoto
    - Redes elétricas
    - Redes de comunicação
    - Redes de gás
    - Canais de irrigação
    - Semáforos
    - Outros

- **Desapropriações, servidões e planos de reassentamento:** trata-se de identificar as propriedades, as moradias e os imóveis adjacentes necessários para a construção e operação do STPST. Em geral, e dependendo da legislação de cada estado/país relacionada com a posse de terrenos para obras públicas, podem surgir as seguintes situações ou alternativas:
    - Acordo ou imposição de desapropriação (compra do terreno)
    - Acordo ou imposição de servidão
    - Ocupações temporais (permissões)
    - Reassentamento.
- **Reposição em superfície:** o traçado dos projetos de STPST deve estar acompanhado por desenhos urbanos e paisagísticos, e não somente considerar a reposição das áreas verdes, das ruas, das avenidas e das calçadas afetadas pelas obras. Também deve estar enquadrado em uma lógica de regeneração ou recuperação urbanística que vai além da sua função principal de mobilização de pessoas, pois os atuais sistemas de transporte tentam ser os elementos ordenadores, estruturadores e orientadores das cidades do século XXI. Por outro lado, a reposição de superfícies é um elemento útil na hora de propor mitigações de impactos ambientais que o projeto gera em outros aspectos ou fases do seu desenvolvimento.

Os principais fatores a serem levados em conta e que, em geral, fazem parte do caminho crítico dos EIU, são os seguintes:

- **Análise dos programas** setoriais relacionados com o projeto, em nível de Estado, no qual são citadas e interpretadas políticas de planejamento promovidas pelo desenvolvimento ou transgredidas.
- Definição das **medidas de mitigação** para reduzir os prejuízos provocados pela construção das obras, que devem ser suficientes e implementadas no menor tempo possível.
- Elaboração de um **registro de interferências** da forma mais detalhada e completa possível, para evitar solicitações de modificações após apresentação e/ou aprovação do EIU, por interferências não identificadas oportunamente ou que não estavam bem delimitadas.
- As **desapropriações e as atividades de reassentamento** devem ser concebidas e executadas como programas de desenvolvimento sustentável que proporcionem recursos de investimento suficientes e oportunos para que as pessoas transportadas pelo projeto sejam afetadas o menos possível.
- É preciso realizar **consultas cidadãs** com as pessoas transportadas e, se corresponder, dar-lhes a oportunidade de participar no planejamento e na execução dos programas de reassentamento.
- Os diferentes **métodos de construção** e desenho das estações, e seus entornos imediatos, nem sempre são articulados como áreas que respondem aos requerimentos dos seus usuários na superfície, pelo qual acaba sendo indispensável que o espaço urbano seja ajustado com as demandas de mobilidade da forma mais funcional possível.

Para assegurar a integridade do EIU, recomenda-se considerar o seguinte:

- **Analisar os instrumentos normativos** em matéria de planejamento que aplicarem na zona, como programas de ordenamento territorial ou diretores de desenvolvimento urbano, conforme for o caso, localizando os usos do solo em torno ao terreno. Quando alguma modificação for requerida, deve ser justificada, apoiando-se nos planos de uso do solo e nas tabelas de compatibilidade.
- Realizar **consultas públicas** com os potenciais afetados.
- Efetuar um **controle detalhado das variáveis ambientais** que possam ser alteradas.
- Desenhar o **confinamento seguro das áreas de trabalho**, minimizando sua extensão.
- **Plano de liberação de interferências** por redes de serviço.
- Projeto de **controle de segurança viária.**

- **Plano de acompanhamento às pessoas transportadas**, que demonstre um esforço em melhorar seus meios de subsistência e sua qualidade de vida ou que pelo menos lhes devolva, em termos reais, os níveis que possuíam antes de ser transportados ou desde o início da execução do projeto.
- **Projetar melhoramento das condições de acessibilidade e inserção urbana do projeto**, combinadas em diferentes modalidades de transporte público, e integradas em redes com a finalidade de propiciar uma apropriação equitativa dos sistemas viários (ver Figuras 5.6 e 5.7).
- **Considerar a infraestrutura para promover o uso dos modos não motorizados** e pedestres das áreas ou dos centros históricos, contribuindo não somente com o fortalecimento da mobilidade urbana sustentável, mas também com o destaque do valor do seu patrimônio cultural e arquitetônico, tornando-o muito mais atraente e acessível para os visitantes e turistas.

5.1.2. *Edificações existentes e futuras*

O conhecimento prévio da infraestrutura completa e de suas características é de vital importância, tanto existente como futura, ao longo do traçado definido para o projeto.

Em relação às edificações existentes, os dados de reformulação estrutural deverão ser coletados e considerar métodos construtivos compatíveis com o desenho que não afetem a obra existente. Se não for possível garanti-lo, um sistema de proteção das fundações das edificações já realizadas terá que ser projetado (calçamento das fundações, apoios, etc.). Além disso, devem ser implementados sistemas de monitoramento que permitam a detecção antecipada de possíveis prejuízos estruturais nas construções existentes.

Por outra parte, no tocante às instalações futuras, deve ser coletada a maior quantidade de dados possíveis em relação à construção de futuras instalações tanto públicas, como privadas, para o qual se deverá interagir com as entidades de desenvolvimento da cidade.

O plano do projeto deve considerar e/ou formar um grupo de profissionais que permaneça conectado e interagindo com os diferentes organismos que registram a documentação existente e com as áreas que realizam a gestão das iniciativas de obras novas.

Essa intercomunicação (os colaboradores devem ser os mesmos quando lidarem com os assuntos) é fundamental para facilitar com confiança e rapidez a localização da informação das edificações e da infraestrutura de serviços existentes e em desenho.

A principal informação a ser reunida é:

- Planos de localização e de detalhes dos serviços públicos existentes.
- Planos de reformulação da estrutura de edificações vizinhas.
- Planos de localização e de detalhes dos serviços públicos futuros a serem compatibilizados com novas construções do projeto.
- Previsões de edificações futuras sobre e nas imediações do projeto.
- Análise das condições dos solos para que a descida não afete a estabilidade e a funcionalidade das edificações existentes.
- Análise das interações dos solos: estruturas em condições sísmicas, na situação definitiva, e nos sistemas construtivos para assegurar a estabilidade das edificações circundantes com as ações sísmicas.

O objetivo é determinar os passos a seguir na investigação, o desenho de proteção dos imóveis existentes e o acompanhamento de interação da nova obra sobre as cimentações construídas.

As principais atividades e fatores a serem considerados são:

- **Coleta de dados dos prédios existentes:** consiste na coleta de todos os antecedentes estruturais das construções erigidas na zona onde será realizada a intervenção. Deve-se ter acesso aos entes governamentais que possuem os registros dos planos e das memórias de cálculo dos prédios da cidade. Fundamentalmente, é necessário ter os

dados das fundações, dos subsolos e dos usos dos prédios.

- No caso de não contar com os registros públicos, devem ser realizadas gestões com os donos das edificações privadas, enfatizando as vantagens de colaborar contribuindo com a documentação existente para projetar corretamente as intervenções com as novas obras subterrâneas.
- **Possíveis sistemas construtivos de proteção:** no caso de intervenção próxima de prédios, de esgotos, de rios subterrâneos, etc., a previsão de procedimentos construtivos especiais deve ser levada em conta para poder atravessar a zona, sem afetar as estruturas circundantes.
- Os sistemas de proteção são construções especiais ou adicionais, junto das estruturas existentes que "fazem parte" da nova obra.
- **Possíveis subfundações:** no caso de intervenção embaixo de estruturas existentes (obras de túneis, pilares para viadutos, trincheiras, etc.) muito próximas de prédios, de tubulações dos serviços públicos ou de túneis, a previsão de procedimentos especiais é necessária: o uso do Método Alemão, de ogivas, entre outros.

  Também, é possível que devam ser realizadas construções ao redor da existente e da nova, que não pertencem à obra recente, mas que sejam necessárias para evitar uma deterioração da edificação. Isso pode ser uma subfundação da estrutura, utilizando micro estacas que são incorporadas no prédio, que não faça parte final da obra nova, mas que é construído para evitar a deterioração da obra.
- **Sismos:** em zonas sísmicas, além de considerar o desenho da condição definitiva, deve-se ter especial cuidado com a cimentação de obras subterrâneas ou que afetem significativamente o subsolo, e considerar as modificações produzidas pela construção no conjunto solo-estruturas.

Os elementos críticos a serem considerado na análise das edificações existentes e futuras são:

- Devido a prejuízos a terceiros, é fundamental **definir procedimentos construtivos** para garantir a estabilidade e que as estruturas existentes não serão estragadas, como também os potenciais prejuízos em projetos futuros que forem desenvolvidos sobre a iniciativa (vias em túneis) ou em áreas adjacentes às estações, às oficinas u outras obras de relevância.
- No caso de existir a proximidade de prédios ou de instalações dos serviços públicos, é imprescindível analisar se serão ou não afetados com a passagem das obras. Se da análise resultar que sim, deve-se realizar o **desenho dos sistemas de proteção** para evitar declínios e que não causem fissuras ou rompimentos não desejados nas construções existentes.
- Quando o projeto é desenvolvido muito próximo de edificações, deve-se contar com amplo conhecimento da estrutura existente e seu uso. Se quando as análises teóricas forem realizadas e, pelas experiências prévias, se chegar à conclusão de que a estrutura é sensível à realização de alguma obra do projeto, os processos de **desenhos especiais para recalçamento** devem ser ativados para evitar os declínios estruturais atuais

Para o estudo e consideração das estruturas existentes e futuras recomenda-se:

- Coletar a documentação substantiva das edificações já construídas, nas entidades públicas ou com os donos das propriedades próximas da futura obra, mediante levantamentos notariais fotográficos antes, durante e na finalização da obra.
- Conhecer estruturalmente as construções existentes, e informar do novo projeto às entidades públicas e aos donos das edificações já erigidas. Essa interação gera a confiança e permite a projeção das previsões necessárias.
- Contar com planos de contingência. O procedimento final deverá ser desenhado pela empresa construtora que conhece os meios adequados e disponíveis para a resolução, e ser detalhadamente conhecido e aprovado pelas entidades de controle da obra.

- Prever e realizar procedimentos especiais, informando e fazendo a empresa participar do serviço que vai afetar os proprietários das edificações atuais.
- Realizar buscas: inspeções diretas das estruturas atuais embaixo da terra e escavações, para medir e verificar que os planos sejam iguais à edificação existente. Além disso, confirmar sua localização nas três direções (x, y, z) para que as previsões sejam as reais. No possível, não "supor" tudo, pois deve ser confirmado previamente pela observação direta e documentada.

Figura 5.1

"Levantamento fotográfico com escrivão público em Roosevelt, linha B da Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.2

"Recalçamento de túnel existente da linha D, cruzado por embaixo com a nova linha H, do Subterrâneos de Buenos Aires (vista em uma etapa de passo à concretagem)"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.1.3. *Interferências com redes de serviços*

As interferências são todas aquelas redes de serviços públicos ou privados como a água potável, o esgoto, as elétricas, as comunicações, os canais, etc., que interferem com as obras do projeto.

Da mesma forma que o ponto anterior, a detecção precoce e precisa de todas as interferências é de vital importância: da implantação na estrutura final do projeto, e daquelas ligadas com os requerimentos da superfície tanto das metodologias construtivas, como da logística necessária para a materialização do empreendimento.

Quando realizado o levantamento da informação das redes envolvidas, é necessário classificá-las e coordenar os trabalhos de deslocamento dessas interrupções com as empresas e/ou proprietários.

Dependendo do tipo da interferência, a verificação no terreno de sua localização exata deverá ser coordenada, e a elaboração dos projetos de mudança ou deslocamento dessas redes. Conforme o caso, o projeto de mudança, deslocamento e/ou a materialização da iniciativa estarão a cargo da empresa envolvida ou do empreendimento ferroviário.

Do planejamento e da *priorização* da liberação das interferências, bem realizados e precoces, dependerá que esses trabalhos não façam parte do caminho crítico do projeto. Por tanto, é muito importante destinar os recursos necessários para acelerar os estudos e o processamento (solicitações de informação às empresas, aprovações requeridas, autorizações para trabalhos com os organizamos locais, permissões de desvios de trânsito, etc.) das obras de mudança ou de deslocamento de redes, de forma eficiente e oportuna.

5.1.4. Posse de terrenos

Muitas vezes, a posse dos terrenos necessários para a materialização de um projeto em zona urbana se torna mais complexa do que se pensou no início. Isso ocorre por diferentes fatores que "aparecem" quando o processo de desapropriação, de servidão, ou de reassentamento é iniciado (por exemplo, de uma invasão ilegal de terrenos), tais como:

- Inexistência de escritura pública do terreno
- Divisão informal da matrícula da propriedade
- Sucessão de familiares de dono falecido
- Defesa midiática do terreno a ser desapropriado
- Assentamento de grupos familiares em risco social
- Propriedade com muitos donos (prédios)
- Processamento judicial complicado (recursos de proteção e/ou apelações judiciais)
- Inscrição do projeto privado bem antes de declarar o terreno com a ordem de desapropriação

DPortanto, é muito importante manter um rigoroso sigilo em relação aos possíveis terrenos ou propriedades que possam entrar no processo de desapropriação. Em segundo lugar, deve-se contar com profissionais competentes e com experiência nesses procedimentos para que atividades como a identificação dos lotes, a obtenção da documentação vigente das propriedades e de seus donos seja mais rápida e precisa na medida do possível.

Em consequência, o processo de posse de terrenos deve ser atendido desde o início de um projeto de STPST. O investimento em um gerenciamento oportuno, expedito e eficiente (antes do processamento judicial) é mínimo se comparado com as consequências de uma desapropriação mal realizada, que impeça o avanço programado e contratual das obras.

Assim, essa etapa pode ser concretizada mediante algumas das situações a seguir:

- **Desapropriação:** é a ação de apropriação legal do terreno, devido a que as obras de construção ou sua implementação definitiva coincide em uma parte ou totalmente com a superfície da propriedade afetada. Essa ação pode ser: voluntária, quando o proprietário aceita (ou concorda) com a compensação ou forçada, no caso de o proprietário não aceitar a compensação e recorrer à justiça.
- **Servidão:** é a cessão de direito de uso, de parte de uma propriedade que é afetada pela construção do empreendimento. Essa servidão é, geralmente, voluntária, baseada em algum tipo de compensação que pode ser entendida como um aluguel perpétuo e que, como condição do acordo, evita a desapropriação forçada.
- **Permissão de construção:** essa situação geralmente ocorre quando as obras de construção do projeto precisam utilizar temporalmente uma parte de uma propriedade, a qual deve ser restituída no momento que corresponder, mantendo ou melhorando as condições originais, baseado em algum acordo compensatório.

Uma *priorização* dinâmica do processo de desapropriação, com base nos recursos e antecedentes que vão sendo conhecidos na etapa de identificação e arrecadação dos antecedentes das propriedades envolvidas, permitirá que o programa de construção do projeto não seja afetado pela posse de terrenos ou se enfrentar algum prejuízo inevitável que conduzir à reprogramação dos trabalhos.

5.1.5. Arqueologia e Paleontologia

Durante o desenvolvimento das obras de um projeto de STPST, sempre existe a possibilidade de afetar ou envolver o patrimônio histórico da cidade, seja ele conhecido ou não descoberto ainda.

Nesse sentido, podem ocorrer diferentes casos:

- Em construções em superfície ou elevada::
  - Utilização de prédios históricos para sua reabilitação como estação
  - Utilização de parte dos prédios patrimoniais para implementação de parte da estação
  - Demolição de edificações antigas
  - Retirada das obras de interesse ou transformação das mesmas para outros espaços
  - Deslocamento temporal de zonas, de restos, de edificações, etc., de relevância.
- Em construções subterrâneas:
  - Fundações de prédios históricos conhecidos em nível superficial
  - Achados arqueológicos
  - Achados paleontológicos

De fato, a construção da infraestrutura desse tipo de empreendimento pode afetar elementos patrimoniais, até o ponto de inviabilizar soluções em superfície ou "normais" abaixo do nível do solo, tendo que recorrer a outro tipo de respostas e, em ocasiões, de maior profundidade com o conseguinte aumento do custo econômico.

Assim, cidades como Roma, por exemplo, têm grande dificuldade em colocar em operação uma infraestrutura dessas características, pois a sua construção poderia ser gravemente afetada.

Em todo caso, dependerá da história do país ou da região correspondente onde a Pré-história, a Antiguidade, a Idade Média, a Modernidade, etc. deverão ser levadas em conta, para valorizar o possível impacto que poderia ocorrer na hora da construção da infraestrutura projetada.

Os potenciais prejuízos a elementos patrimoniais são fatores críticos, razão pela qual sua incorporação nas fases iniciais do planejamento é recomendada. É requerida a elaboração de mapas de patrimônio, considerando:

- Pesquisas pré-históricas paleontológicas: níveis estratigráficos, tipologia de restos, nível de riqueza ou densidade, importância, etc.
- Pesquisas pré-históricas arqueológicas: tipo de civilização, assentamentos, etc.
- Mapas históricos: história antiga e evolução da zona, níveis, processos de construção e de destruição (guerras, soterramentos, etc.).
- Edificações ou construções existentes: níveis de proteção, níveis de possível utilização, possíveis modificações (identificação das mesmas, dificuldade, tempos, etc.).

As recomendações se iniciam com a obtenção dos mapas e das pesquisas prévias, pois não é somente uma questão que possa impactar as infraestruturas de STPST, mas também qualquer outro tipo de projeto, como a construção de sistemas gerais de esgoto, infraestruturas viárias, túneis, grandes galerias, etc. Pelo menos deve se considerar o seguinte:

- Determinar a entidade do Estado competente em relação aos achados, o tipo e o prazo de processamentos que serão requeridos.
- Obtenção e/ou construção de mapas temáticos pré-históricos e históricos, dos níveis estratigráficos, da classificação da importância das zonas, etc.
- Análise da evolução histórica da zona de ação.
- Ter clareza sobre a legislação e o marco normativo para o tratamento dos achados arqueológicos e a forma de enfocá-los.
- Definição dos níveis de proteção das edificações e construções históricas; a oportunidade ou não de aproveitamento da infraestrutura; a identificação de possíveis coexistências entre os achados arqueológicos e a rede; etc.
- Consideração do impacto temporal e econômico na execução dos trabalhos, especialmente do primeiro deles, pois a forma como influenciam nos processos de construção e na velocidade da construção, é de alto impacto.
- Geração de graus de colaboração com administrações, com patrimônio, com entidades públicas ou privadas encarregadas da gestão, da custódia, da manutenção e do estudo dos achados.
- Determinação do destino futuro dos achados arqueológicos: armazenamento, redação de relatórios, propriedade, etc. Realizar um acompanhamento minucioso e documental

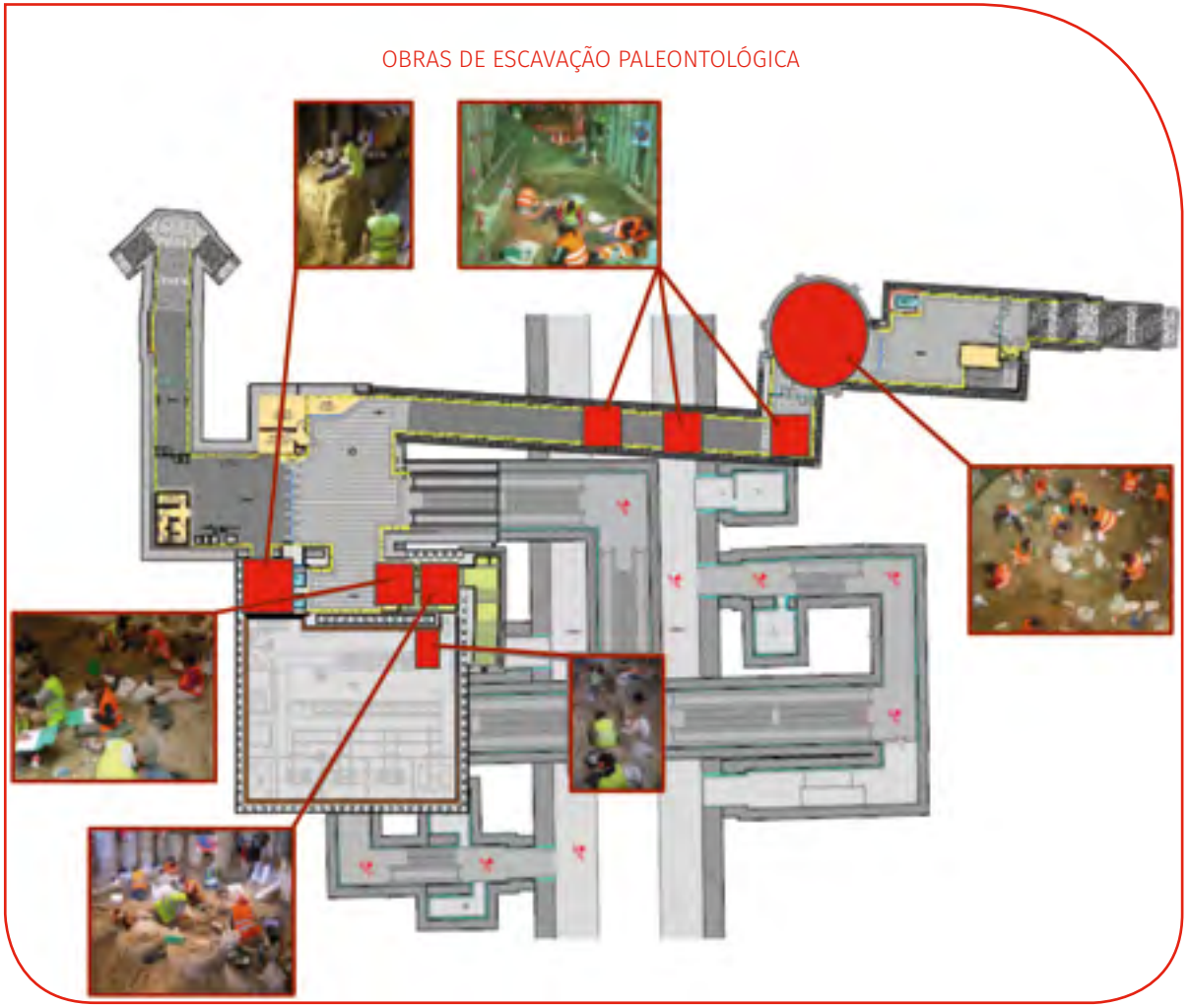
desde o início, até bem depois da finalização das obras, pois a análise posterior dos achados arqueológicos costuma demorar bastante tempo.

- Definição dos possíveis destinos dos achados arqueológicos: o tratamento, a exposição (valorização), etc., e analisar procedimentos correspondentes.
- Identificação dos possíveis impactos decorrentes da localização dos diferentes achados, bem como as decisões concluídas e realizar análise "FOFA" ou outras. Esses impactos influenciarão diretamente em questões atuais e futuras, tais como:
  - Aumento econômico do custo inicial
  - Alto impacto no tempo de execução dos trabalhos
  - Questões sociais sobre museus, prédios emblemáticos, patrimoniais, históricos, etc.
  - Impacto midiático
- Reutilização e restauração de espaços e prédios antigos ou de valor histórico

A atividade mais comum nessa temática é a realização de prospecções e ensaios, e ao mesmo tempo em que uma decisão importante, conforme a relevância do entorno arqueológico e paleontológico, será o caráter e a forma de gestão do assunto, seja mediante a participação de especialistas externos ou da criação de um departamento próprio.

Figura 5.3

"Achados arqueológicos no Metrô de Madri"



Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.4

"Restos arqueológicos no Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.5

"Valorização patrimonial em estação Corrientes do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

De qualquer forma, também deve se ter em mente que o modo de construção da infraestrutura impacta de forma direta na possibilidade de extração, ou não, dos achados arqueológicos que possam ser encontrados, tendo que contar com valorizações prévias para determinar como, de que forma, etc., devem ser tratados: se eles devem ser transferidos para outro local, fazer parte da própria infraestrutura, condicionando de certa forma a distribuição dos espaços ou se se deve ou não criar um espaço para sua valorização.

Figura 5.6

"Restauração do edifício histórico em Estação de Príncipe Pio, del Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

5.1.5.1. ***Prospecções e ensaios***

Em algumas ocasiões, se não se contar com dados prévios ou pouco concretos ou consolidados, os trabalhos geotécnicos de inspeção podem resultar válidos para identificar a presença de objetos de diferentes tipologias.

Em função da legislação de cada país ou região, existem (ou deveriam existir) diferentes procedimentos para garantir que, de alguma forma, a possível presença de achados arqueológicos está sendo levada em conta para que não sejam realizados espólios desnecessários.

Figura 5.7

"Processo de extração durante a escavação na estação Ópera da linha 3 do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

O marco normativo, bem como a legislação vigente, deve dar suficiente cobertura e garantias para que o processo seja realizado de forma adequada, forçando a própria administração ou empresa a tomar as medidas correspondentes, com o consequente passo de comprovação e de acompanhamento dos trabalhos que estiverem sendo realizados.

Da mesma forma, a regulação deve permitir o acompanhamento do processo desde sua origem e até seu final, com os correspondentes ensaios, testes, relatórios, etc., processo em que geralmente se dispende bastante tempo.

Os principais fatores a serem levados em conta são:

- É essencial dispor previamente da informação para tomar as decisões que provavelmente devam ser colocadas na mesa, bem como o impacto desse tipo de trabalho na construção.
- Em muitas ocasiões, não existe um órgão decisório claro, pois sobre essas questões existem grupos de pressão, além do impacto social que eles têm e, pelo qual, em última instância, o conselho de administração da empresa deverá ser quem tome as decisões a respeito, com os relatórios que corresponderem e as variantes a serem analisadas.

Finalmente, recomenda-se:

- Estudar conjuntamente, com as análises geológicas/geotécnicas, a possível presença de achados.
- Preparação na obra da zona de tratamento de achados, desde sua aparição em sondagens, até seu processo após a extração conjunta durante o período de escavação geral da obra.
- Análise de restos fósseis de pólen, de pequena cerâmica, de pequenos restos ósseos, etc.

*5.1.5.2. **Especialistas externos ou departamento próprio***

Parece lógico que, em locais com grande quantidade de achados nessa matéria e onde o terreno seja susceptível de sua aparição, seja conveniente contar com um departamento de especialistas que se encarregue desse tipo de trabalho, não somente para sua extração ou identificação, mas também para seu cuidado, sua manutenção futura, e inclusive sua operação (em museus, por exemplo).

É o caso claro de infraestruturas de metrôs como o de Roma ou Atenas, onde existe uma grande probabilidade de, quando é realizado esse tipo de trabalho, se encontrar objetos arqueológicos.

Em situações intermediárias, onde não exista a certeza ou os mapas de estudos somente tenham identificado algumas zonas claras de restos, é conveniente contar com a intervenção de especialistas externos que se encarreguem do seu controle, considerando que esses procedimentos podem se estender e afetar o cronograma de construção do projeto.

Figura 5.8

"Escavações perto da estação Zócalo, do Metrô de Cidade de México"

Fonte: ALAMYS.

Deve-se considerar que esses tipos de achados sempre necessitam a presença de profissionais especialistas da autoridade para proteger o patrimônio histórico e cultural, que permitam determinar o valor histórico e, em função da normativa de cada país, projetar e executar as medidas de proteção ou de gestão necessárias: documentação, resgate arqueológico, valorização, etc.

Além disso, deve-se ter em mente que a valorização dos achados não depende necessariamente do "econômico". Por exemplo, um elemento pré-hispânico decorativo de metal precioso pode ter um valor menor que uma cerâmica que demonstre o povoamento pré-histórico não documentado até agora.

Nesse sentido, é claro que se o projeto vai ser desenvolvido em zonas potencialmente contendoras de restos dessa tipologia deve-se ter em mente que o mais conveniente seria um departamento próprio, já não somente para a gestão atual, mas também para a manutenção futura. Porém, em qualquer caso, para a gestão dos prováveis achados deverão ser estabelecidos procedimentos prévios.

5.2. Engenharias do projeto na etapa de construção

Para a fase de construção é requerido um projeto executivo tanto da obra, como da metodologia construtiva a ser utilizada, denominado Projeto Executivo, cuja principal entrada é o Projeto Básico. Ele que define as funcionalidades principais e os requerimentos de usuário, além do programa e orçamento gerais e também necessita do resultado do Projeto Funcional para o seu desenvolvimento, encarregado de determinar a viabilidade técnica e econômica do empreendimento, aspectos decisivos para sua aprovação.

Na medida em que as obras finalizadas vão sendo entregues, ou quando finalizadas completamente (dependendo da estratégia do Modelo de Negócio e das condições do contrato), o contratante deve se encarregar de fornecer formalmente toda a informação de engenharia que corresponde ao que efetivamente foi executado, como os planos *as-built*. Essa ação é conhecida como Engenharia Final ou Engenharia Conforme a Obra.

5.2.1. Projeto Básico

O processo do Projeto Básico consiste em "validar" a engenharia conceitual do projeto que permitiu sua aprovação. Corresponde-lhe o conjunto de documentos de engenharia definidos pela obra. Os principais são:

- Validação do projeto desde sua concepção e funcionalidade
- Definição dos aspectos funcionais
- Definição da arquitetura básica
- Definição dos requerimentos operacionais
- Desenhos definitivos, incluídos os cálculos de todas as especialidades
- Procedimentos construtivos e equipamentos a serem utilizados na construção
- Cronogramas de trabalho com a definição dos principais recursos
- Sistemas de controle

O Projeto Básico deve ser desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de profissionais, que conte com especialistas em obras ou sistemas relacionados com o empreendimento; ou, melhor ainda, com experiência em outros projetos integrais de similares características. Cabe assinalar que, dependendo do Modelo de Negócio definido, onde a estratégia de licitação é decidida, o Projeto Básico pode ser desenvolvido tanto pelo proprietário, como por um terceiro, ou pelo próprio construtor.

Em particular, para um projeto de STPST, os Projetos Básicos de obras civis e de sistemas estão vinculados desde o início através do sistema de vias (ou "a via"), pois ela deve ficar perfeitamente implantada e consolidada na obra de estruturação civil. Essa particularidade, a qual é desenvolvida por terceiros, muitas vezes motiva a integração de todas as especialidades em uma única etapa e não em um Projeto Básico Civil e outro de Sistemas.

Nessa etapa são completados ou complementados os estudos de solos, a altimetria compatível com o traçado de vias, o sistema construtivo de acordo com o solo, a tecnologia que será utilizada, o fornecimento e os equipamentos, etc. A partir das definições anteriores, o Projeto Executivo desenvolve a arquitetura da infraestrutura completa em nível elementar, e define o traçado onde a obra civil e a via devem ser implantadas, independente de que seja subterrânea, em superfície ou elevada.

Além disso, todas as singularidades do projeto em seu desenvolvimento devem ser validadas e definidas com maior precisão, tanto funcionais como estruturais, bem como: o encontro de estações subterrâneas e de túneis, cruzamentos especiais, possíveis prejuízos em infraestrutura edificada ou futura, identificação de interferências que afetam a obra ou que são afetadas temporalmente pelo desenvolvimento dos trabalhos, propriedades expostas à desapropriação ou servidão, etc.

Em resumo, no tocante à construção civil, é imprescindível realizar um Projeto Básico para o estudo e a definição mais detalhada:

- Cada elemento estrutural, de acordo com a metodologia construtiva disponível
- Cada parte, e com qual metodologia vai ser edificada
- Definição de uma metodologia construtiva a mais típica possível
- Definição dos pontos atípicos que precisarão de técnicas especiais, e adaptá-los às tecnologias disponibilizadas pela empresa construtora

Em relação aos sistemas, o Projeto Executivo define os requisitos gerais do material rodante, do sistema de vias, do sistema elétrico, do sistema de sinalização e do comando centralizado, dos sistemas de comunicações (radiocomunicações, telecomunicações, CCTV, controle de acessos, etc.), dos sistemas eletromecânicos (elevadores, escadas rolantes, sistemas de bombeamento, etc.), do sistema de arrecadação, do sistema de informação aos passageiros, etc.

Todos esses elementos, quanto a suas funcionalidades e interações, devem ser compatíveis e suficientes (mínimos) para cumprir com o Modelo Operacional definido inicialmente para o projeto. Além disso, o nível de segurança da operação e seus principais requerimentos devem ser incluídos, como o Grau de Automatização (GoA), a confiabilidade e a segurança.

O Projeto Básico realizará a proposta de um desenho e da metodologia típicos para a maior parte da obra, e identificará e definirá a metodologia particular para os pontos especiais onde outros procedimentos e tecnologias serão requeridas para a construção desses setores.

Contudo, é fundamental acordar uma identificação única da documentação. Como exemplo, as revisões geralmente são designadas da seguinte forma:

- Para aprovação: revisão 0A, 0B, 0C, etc.
- Para construção: 00 (recomenda-se que somente seja realizada revisão numeral)
- Modificações de detalhes menores por dificuldades na obra: revisão 01, 02, 03, etc.
- Conforme a obra: revisão CO

Em alguns projetos, dependendo do Modelo de Negócio, o Projeto Básico e Executivo podem ser: a) realizadas pela mesma empresa, b) por empresas diferentes, c) ou às vezes é o próprio construtor (como nos projetos “chave na mão”). Se a mesma entidade realizar os dois processos, que poderia representar custos e/ou prazos menores, essa modalidade representa um risco que não é pouco, em decorrência da sua complexidade e pela *expertise* que se deve ter para cada passo. Seja qual for o caso, geralmente recomenda-se o apoio de consultorias externas para que contribuam com sua experiência; isso é muito valorizado, pois ocorre uma transferência de conhecimentos que é complementada com o rigoroso controle técnico e econômico da entidade pública de transporte que estiver por trás do projeto.

Os principais documentos, no Projeto Básico, dessa etapa são:

- Planos de validação de licitação
- Documentos de requerimentos funcionais e operacionais dos diferentes sistemas e equipamentos
- Topografia e/ou altimetria, com as camadas de solos
- Planos de localização
- Planos gerais
- Memórias de cálculo de todas as especialidades
- Topografia das vias
- Planos de arquitetura das estações
- Planos de formas de túnel, estações e cruzamentos especiais com dimensões a serem executadas
- Planos de gerais dos procedimentos construtivos
- Planos de armaduras onde elas estejam definidas
- Planos de interferências definitivas
- Planos básicos de instalações potência
- Planos de instalações elétricas
- Planos de instalações sanitárias

- Planos de ventilação
- Planos de drenagens com poços de bombeamento
- Planos de escorrimento internos, com poços de bombeamentos
- Planilhas de materiais
- Plano mestre de execução
- Estimativa de orçamento detalhado

Em algumas ocasiões, a documentação necessária para aprovação meio ambiental do projeto (como o EUI), também é de responsabilidade do Projeto Básico. Em outras, esse registro pode ser encarregado a uma empresa independente. Porém, a maior parte da informação de base do estudo é proveniente do Projeto Básico.

5.2.2. Projeto Executivo

Quando a obra a ser construída está definida e também os requerimentos funcionais e operacionais dos sistemas e dos equipamentos envolvidos no Projeto Básico, o Projeto Executivo deve ser desenvolvido. Ele, além de validar o que foi desenvolvido na etapa prévia respeitando suas definições, deve gerar todo o protocolo necessário e suficiente para que o projeto seja materializado fisicamente, isto é, para a iniciativa ficar em condições de operação.

É nesta fase onde qualquer incompatibilidade do Projeto Básico deve ser identificada e por tanto, redefinir o que for necessário.

5.2.2.1. Projeto Executivo de Obras Civis

No tocante à construção, o Projeto Executivo é o responsável de calcular e documentar todas as obras envolvidas e para cada uma delas deve emitir os planos necessários com a finalidade de construí-las de forma correta e eficiente, considerando as metodologias, os materiais e os equipamentos que foram definidos no Projeto Básico. Isso supõe a seguinte entrega:

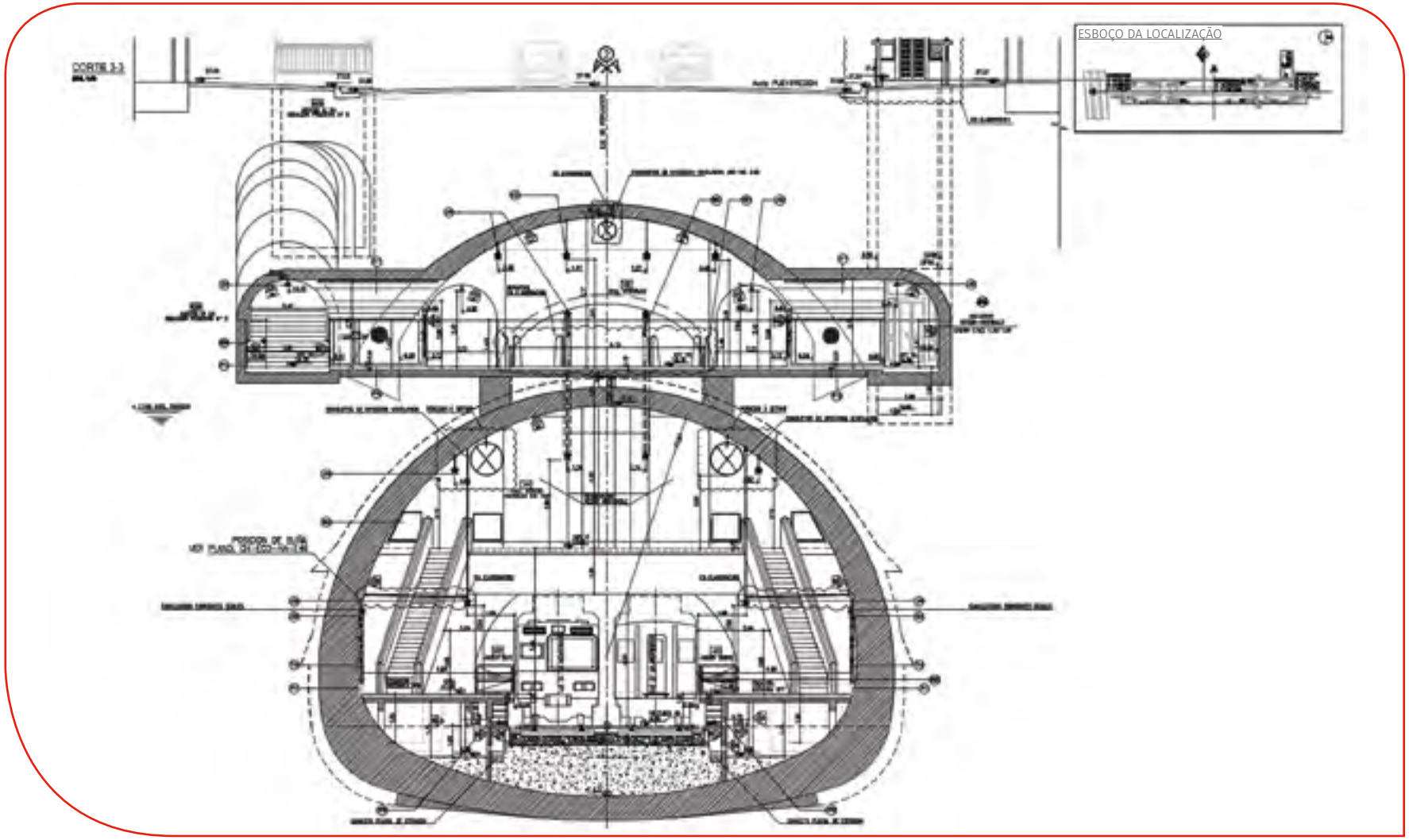
- Planos de levantamento topográficos e reformulação e seus dados de georreferenciamento
- Planos gerais de detalhe e suas vistas, seus cortes e secções típicas
- Planos gerais de detalhe e suas vistas, seus cortes e secções atípicas
- Planos de detalhe de sequência construtiva
- Planos de detalhe de montagens
- Planos de detalhe fabricação de estruturas
- Planos de detalhe de arquitetura e paisagismo
- Lista de materiais e equipamentos
- Especificações técnicas gerais e especiais
- Memoriais de cálculo
- Descrição de sequências construtivas

LO Projeto Executivo de obras civis deve elaborar o cronograma de atividades (diagrama *Gantt*) detalhado. Esse programa é uma referência fundamental para que, definitivamente, seja o construtor quem o ajuste com os prazos e os orçamentos conforme sua proposta, pois será ele quem regerá o contrato.

Da mesma forma, nesse passo deve-se elaborar a valorização detalhada completa da obra justificando cada partida do cronograma, além daqueles custos que não façam parte da calendarização, mas necessários na execução dos trabalhos (como, por exemplo, os custos de laboratório, os ensaios, a prevenção de riscos, a gestão ambiental, os relatórios, etc.), com uma análise específica de preços que inclua materiais, equipamentos, maquinaria, fornecimento energético e mão de obra comum e especializada.

Figura 5.9

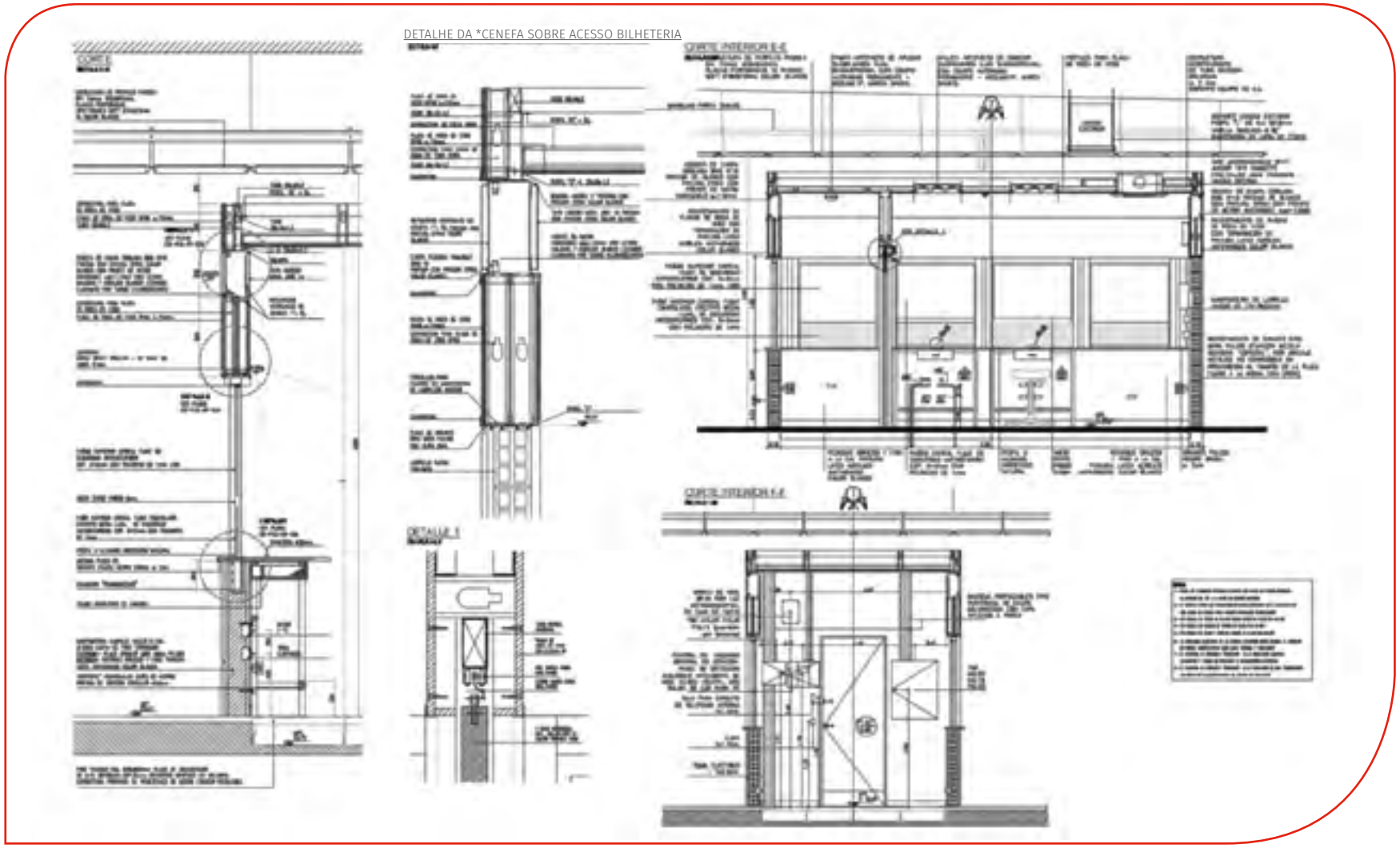
"Planos de arquitetura, cortes, instalações e detalhes de corte da estação da Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.10

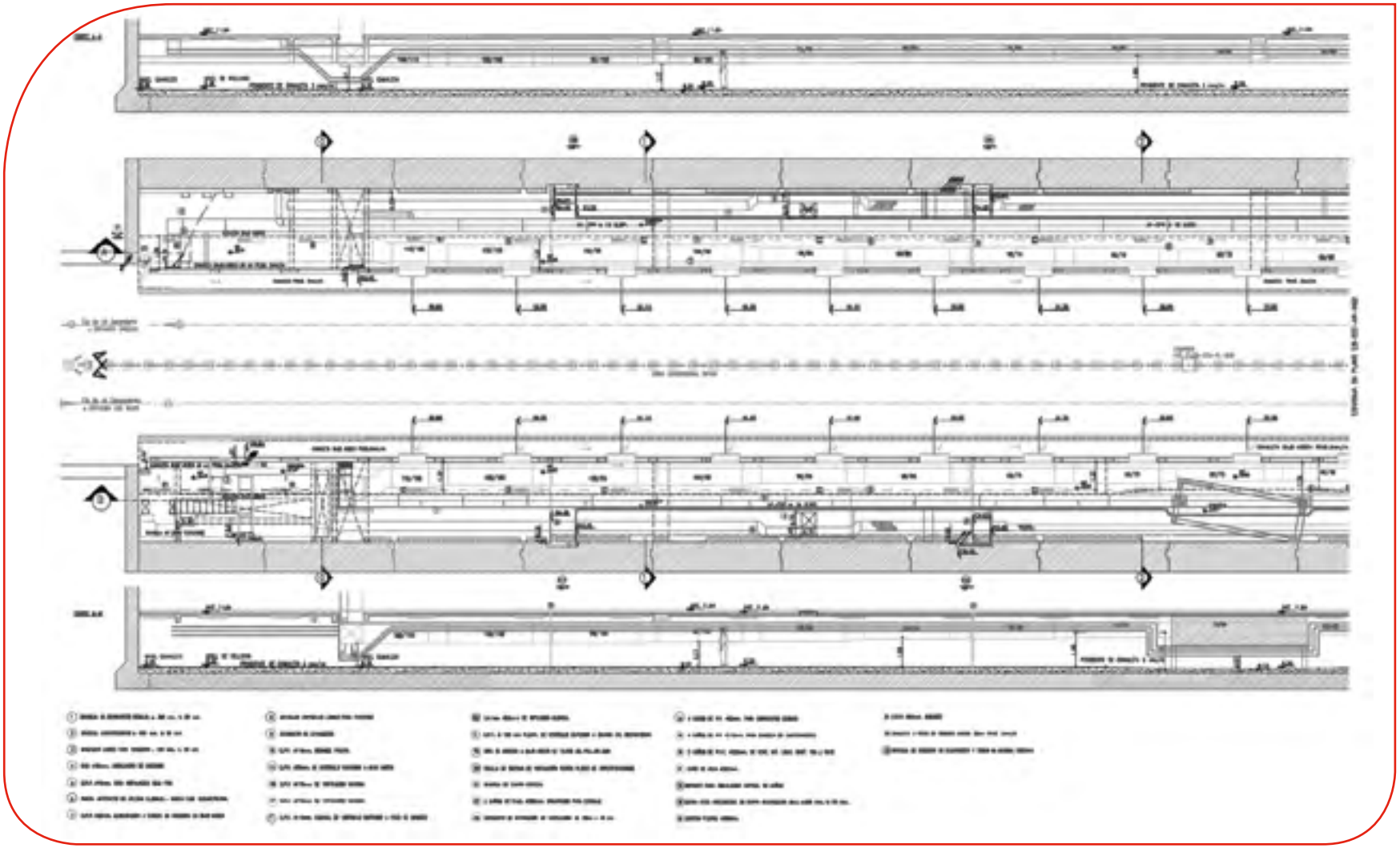
"Detalhes de arquitetura na Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.11

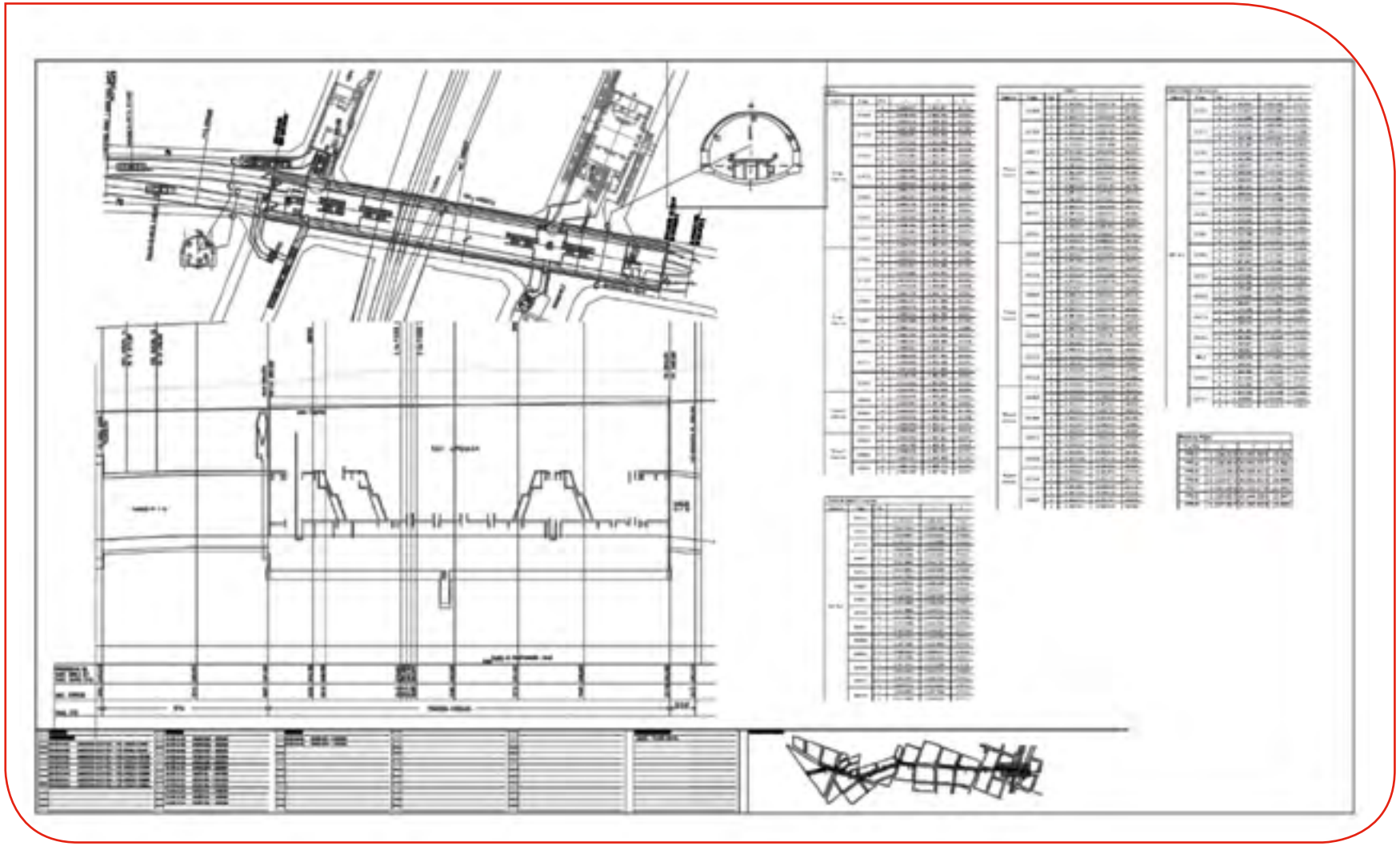
"Detalhes da plataforma na Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.12

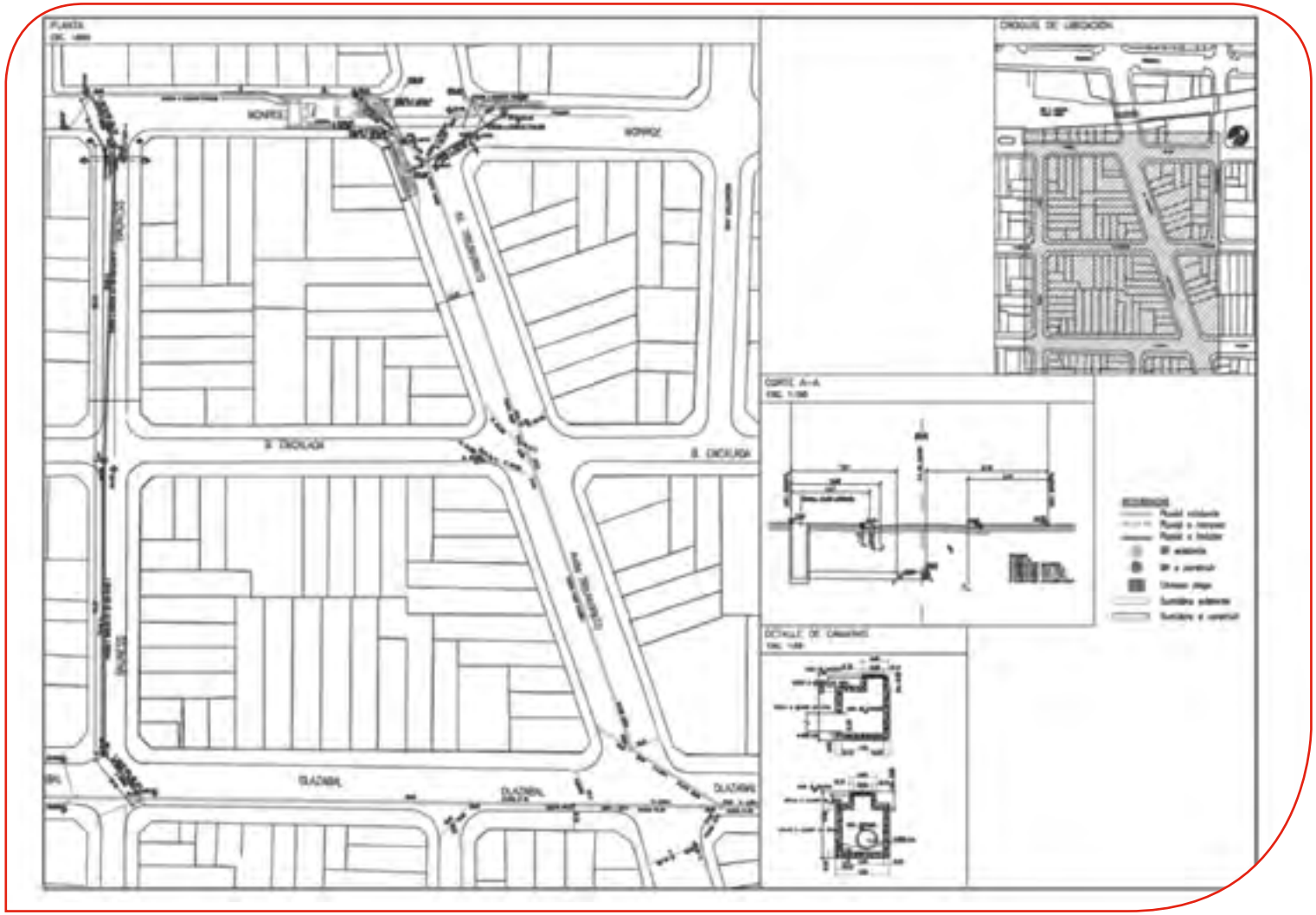
"Planos de coordenadas na Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.13

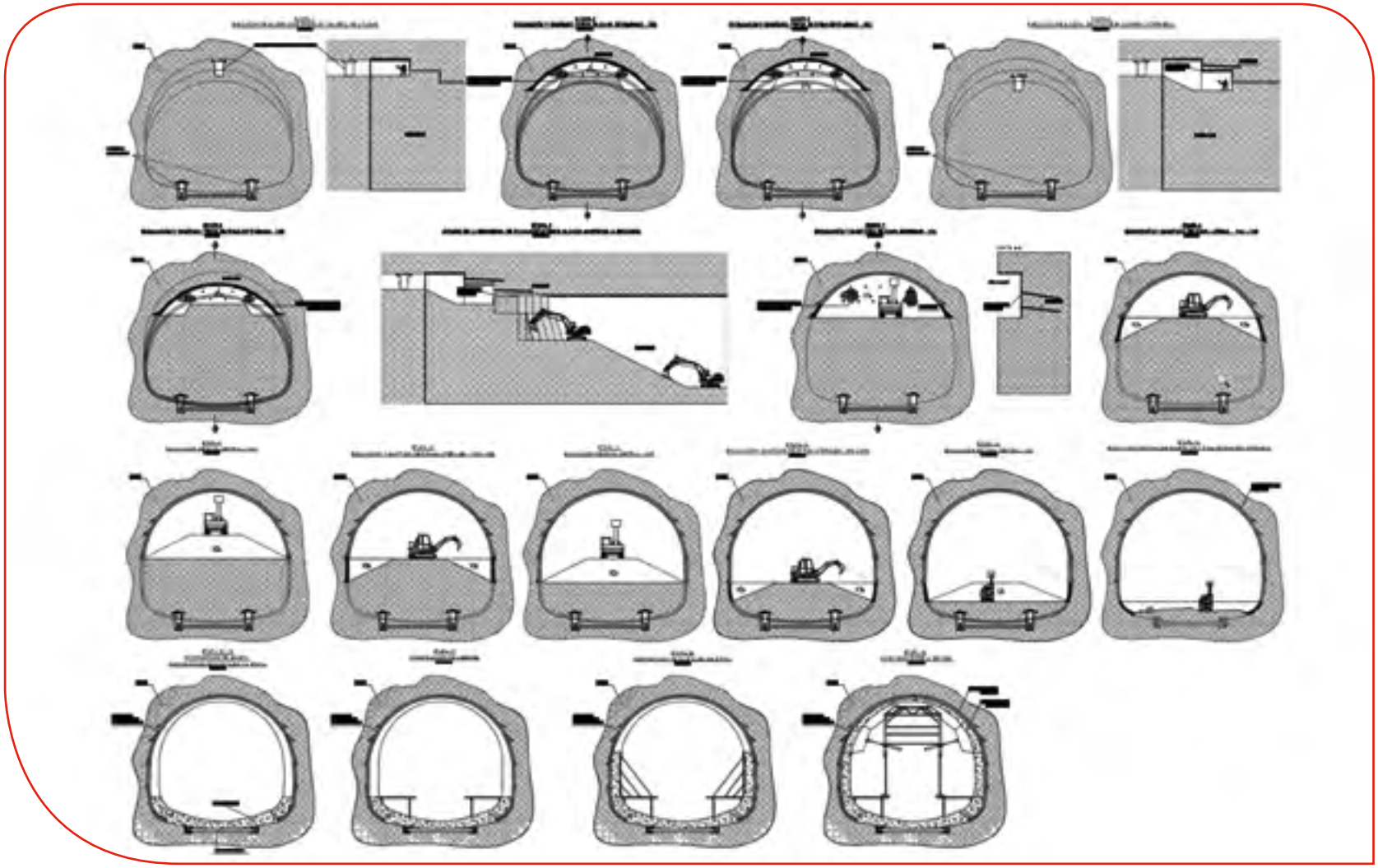
"Remoções na Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.14

"Procedimentos construtivos de estação com detalhes específicos de escavação e de sustentação primária e secundária em Linha F do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.2.2.2. Projeto Executivo de sistemas

Em relação aos sistemas e equipamentos, cabe assinalar que é lógico que seja o fabricante de cada elemento quem desenvolva seu próprio Projeto Executivo, respeitando e tendo como input, obviamente, o definido no Projeto Básico tanto de obras civis, como de sistemas e equipamentos. Alguns dos entregáveis no Projeto Executivo de sistemas são:

- Planos de detalhe de desenho
- Planos de detalhe de fabricação
- Planos de detalhe de montagem
- Planos de detalhe de sequência de montagem
- Planos de detalhe de sistemas de controle
- Lista de materiais e equipamentos
- Especificações técnicas gerais e especiais
- Especificações técnicas de operação
- Especificações técnicas de manutenção
- Memórias de cálculo
- Descrição de sequências de montagem
- Lista detalhada de interfaces com obras civis
- Lista detalhada de interfaces com outros sistemas
- Descrição de procedimentos e planos para o transporte

Quando o próprio fabricante de cada sistema é o responsável pelo seu Projeto Executivo (como é habitual), ele não necessariamente fornece o orçamento detalhado do seu sistema devido principalmente a que seu custo está valorizado no preço da oferta integral como fabricante, assumindo o risco da precisão de sua estimativa.

Contudo, muitas vezes é recomendado exigir uma valorização consistente (em termos de custo) dos seus principais componentes, partes, peças, materiais e recursos requeridos pela elaboração do fornecimento, pela montagem e pelos testes, para objetivar qualquer discrepância contratual ou requerimento futuro, por parte do dono do projeto desses elementos.

Independente da especialidade, o Projeto Executivo de cada sistema deve elaborar o cronograma detalhado das atividades, tendo como referência o programa mestre definido no Projeto Básico. A consistência, a coerência e a oportunidade disso são importantíssimas, pois é a partir do "ajuste" desses dois programas de especialidades que todas as interferências entre os sistemas serão levantadas e entre eles com a obra civil.

5.2.3. Projeto As Built

UUma vez construída e completada a obra, cada empresa que participou na materialização do projeto deve entregar ao mandante todos os planos e manuais de engenharia conforme o edificado, fabricado ou montado efetivamente, seja de infraestrutura, de funcionalidades ou de equipamentos e fornecimentos, com uma justificação sobre as mudanças realizadas no percurso quando forem importantes de ser reportadas.

Para o proprietário e o operador, contar com a documentação definitiva para a manutenção é indispensável, e também com os dados necessários para o projeto e a construção de qualquer iniciativa futura interna ou de outras entidades públicas e/ou privadas.

A maioria desse tipo de obra é "enterrada". Como consequência, qualquer verificação posterior sobre o que foi realizado, muitas vezes é uma tarefa complicada e cara, portanto, a última ação da empresa construtora corresponde à entrega dessa documentação.

Nas especificações deve ser adicionada uma cláusula onde a recepção desse registro fique garantida. Por exemplo, indicando explicitamente que "faltando alguma parte da documentação final da obra, ela não será recebida".

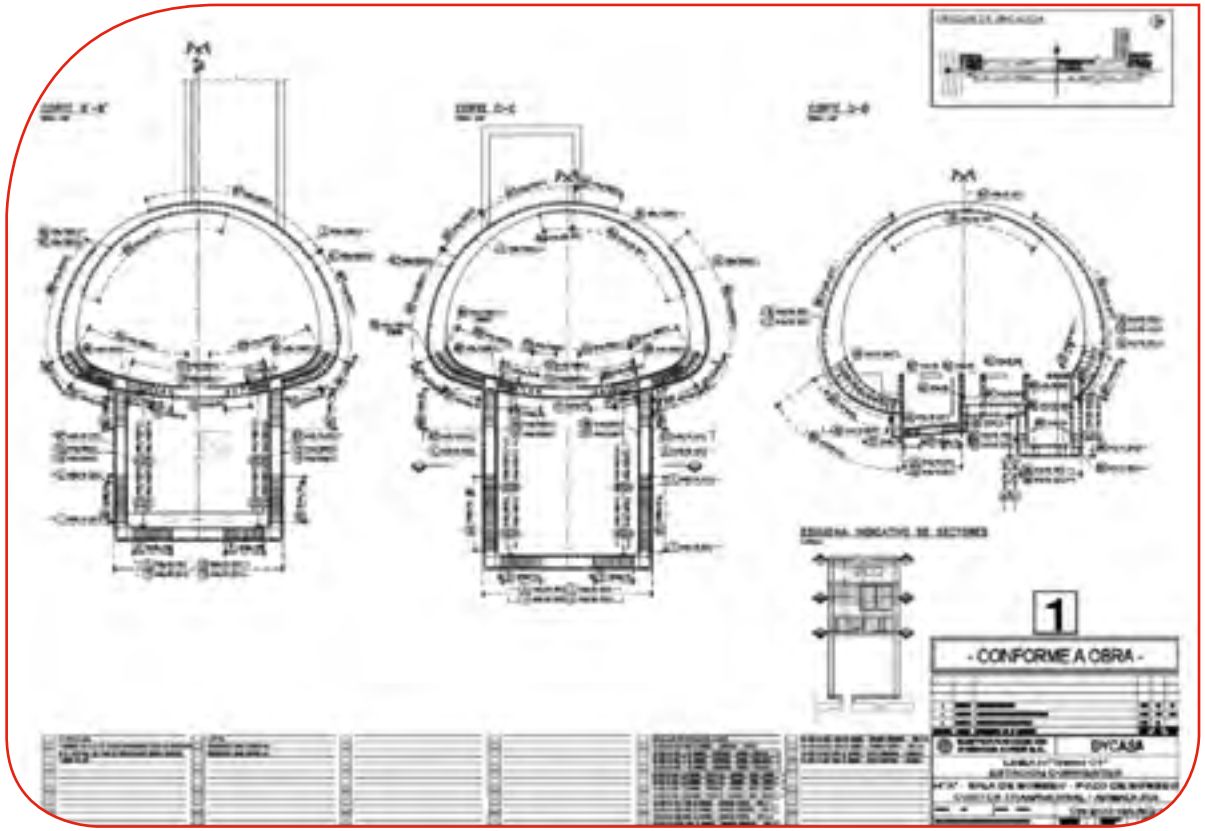
A direção do projeto deve ir controlando que essa informação se mantenha atualizada e completa até a entrega final. Esse processo é longo, tedioso e deve ser realizado pelos atores diretos da obra, não deve ser adiado ou transferido para pessoas externas e/ou alheias à realização do projeto.

A correta execução do Projeto *As Built*, permitirá que futuras intervenções nela ou em seu entorno, não afetem a infraestrutura construída ou, em caso contrário, que elas sejam abordadas de forma controlada e com planejamento prévio.

Nesse sentido, o Projeto *As Built* também permite que o planejamento de futuras intervenções não seja impactado por prejuízos "acidentais" na infraestrutura existente que "não apareciam nos planos", pois a sua configuração e localização são conhecidas com precisão antes da intervenção física.

Figura 5.15

"Projeto *As Built* na estação Corrientes da Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.3. Planejamento da execução do projeto

O planejamento da execução de projetos de STPST constitui um dos pilares do seu gerenciamento, devido a que permite definir e integrar todas as atividades que fazem parte dele. Da mesma forma, fornece as ferramentas necessárias para o acompanhamento dos prazos, dos custos e dos entregáveis.

Seu objetivo é fornecer um marco de trabalho que permita realizar estimativas razoáveis dos recursos, dos custos e dos tempos de implementação. Como esse planejamento é realizado em um tempo limitado no início de um projeto, a sua atualização deve ser periódica na medida em que a execução progride e que ocorram impactos que não podem ser mitigados ou eliminados. Nesse sentido, o planejamento nunca deve ser descuidado, pois é o elemento fundamental conforme o qual vai ser medido o desempenho do empreendimento e, em consequência, dos responsáveis da sua execução.

Independentemente da estratégia contratual que for definida para abordar um projeto de STPST (e em geral de um gigantesco projeto), seja implícita ou explicitamente, o planejamento da execução definirá dois tipos de programas:

e) Um relativamente estático que, em geral, responde aos compromissos de alto nível dos responsáveis (deveres muitas vezes de origem política), com um nível de desagregação não tão detalhado e que neste capítulo será chamado de Programa Mestre.

f) Outro moderadamente dinâmico que, sendo inicialmente consistente com o Programa Mestre, corresponde aos compromissos contratuais que será denominado Programa Contratual. Assim, e ainda quando se sabe que todos os projetos são mutáveis, irrepetíveis e de certa forma imprevisíveis (sempre existem riscos), uma gestão ótima recomenda em que independentemente das variações do Programa Contratual, haja cumprimento com o Programa Mestre.

Assim, os acontecimentos importantes que se deve cumprir são definidos na programação de um projeto. Eles são objetivos, eventos ou conquistas de duração zero, particulares e importantes. Geralmente, um acontecimento importante separa logicamente algum processo ou etapa, de outra. Além disso, a ocorrência deles transmite de certa forma o estado do avanço da obra (o que não deve ser confundido com seu desempenho ou cumprimento).

É usual e recomendável que os Programas Mestre e Contratual abranjam acontecimentos importantes. Em termos de prazo, alguns serão essencialmente políticos, como: "Início da construção do projeto", "Colocação da primeira pedra". Outros, porém, serão contratuais: "Finalização das obras civis do túnel interestação". Também, estão os midiáticos: "Restituição do sistema viário e do trânsito em rua pública". Finalmente, existem os acontecimentos técnicos: "Energização para tração", por exemplo.

No parágrafo anterior foram especificadas as variáveis de gestão (tempos determinados) para os Programas Mestre e Contratual. Elas correspondem à tripla restrição de qualquer projeto: prazo, custo e desempenho (escopo e qualidade). Cada uma dessas limitações deve contar com seu próprio programa.

A variável "prazo" deve estar associada com ambos os tipos de programa (Mestre e Contratual) de execução dos tempos planejados. O mesmo para os "custos". A variável "desempenho" tem de se reger pelos planos que permitam o cumprimento do

escopo e da qualidade. Esses dois últimos aspectos, embora sejam transferidos ao contratante que executa as obras no âmbito da gestão do projeto, são de responsabilidade da equipe encarregada de todo o empreendimento.

Os Programas Mestres de prazo e de custo são concretizados em um cronograma e em um orçamento, respectivamente. Quando eles são aprovados, estabelece-se como linha base que, de forma separada ou integrada, eles permitirão medir o desempenho do projeto durante sua execução e a projeção de cenários futuros (controle e acompanhamento).

O cronograma concentra estruturalmente as atividades com as quais será realizada a execução do projeto e suas durações agrupadas em pacotes de trabalho, e eles em Estruturas de Detalhamento de Trabalho (EDT)[11], sequenciadas com base em relações e restrições de diferente tipo.

O orçamento é uma consolidação de todos os custos envolvidos, idealmente estruturados com base nas atividades que serão realizadas e distribuídas no percorrer do tempo em consistência com a execução de tudo, respeitando o Plano de Contas. Recomenda-se que a estrutura de custos definida para este item seja associada com a estrutura do cronograma.

A seguir, o Programa Mestre, o Programa Contratual e os acontecimentos importantes em termos de prazo serão abordados mais detalhadamente.

5.3.1. *Programa Mestre*

O Programa Mestre é o reitor da execução do projeto e deve responder a compromissos de alto nível e que muitas vezes são inamovíveis (como os políticos). Assim, perante qualquer desvio em relação a esse programa, se deve procurar medidas de mitigação para retornar a ele. Mais ainda e proativamente os possíveis desvios devem ser projetados (seja com análise de rendimentos, de riscos, de cenários, etc.), para evitar que eles se concretizem ou, em caso contrário, para preparar medidas de mitigação que diminuam seu impacto no Programa Mestre.

Por outro lado, o Programa Mestre deve conter as atividades e os acontecimentos considerados mais relevantes e aqueles que reflitam e representem o avanço, sua sequência e o rendimento da construção. Isso permitirá medir o progresso e gerar relatórios claros, oportunos e consistentes com o Programa Contratual.

Uma das principais vantagens desse tipo de planejamento, nos termos definidos até aqui, é que a alta direção do projeto não perde de vista o lineamento estratégico perante mudanças ou descumprimentos contratuais particulares e, pela sua vez, pode tomar decisões acertadas no caso de possíveis desvios que, embora possam afetar a algum contrato em particular, beneficiam o projeto integral. Quando há somente o Programa Contratual, as determinações que forem tomadas perante descumprimentos ou atrasos de um contrato em particular, podem afetar muito todo o desempenho.

Em consequência, o Programa Mestre é a base da gestão e da tomada de decisões estratégicas e, portanto, deve prevalecer sobre as decisões no âmbito contratual.

Embora o Programa Mestre deva ser atualizado (ou reprogramado) para refletir a realidade da execução do projeto, essa ação deve ter uma frequência menor que os reajustes do Programa Contratual. Contudo, a atualização do primeiro deve estar baseada em ações consumadas mais do que refletir projeções ou tendências especulativas, pois não deve perder seu papel de "norte" do empreendimento, para cumprir com os compromissos estratégicos. Nesse sentido, a pressão pelo restante da execução, sem deixar de ser realista, sempre deve estar nos Programas Contratuais.

Para que o Programa Mestre não perca sua validade, é imprescindível que a equipe responsável possua experiência suficiente para gerar alertas oportunos, que no âmbito contratual são imperceptíveis. Além disso, deve existir uma estreita relação e comunicação com o acompanhamento e o controle dos riscos do projeto. Por último, a equipe encarregada do seu gerenciamento deve manter uma vigilância permanente no caminho crítico (sequência de atividades com folga zero) e nas rotas

11 EDT ou, por sua sigla em inglês, WBS (Work Breakdown Structure).

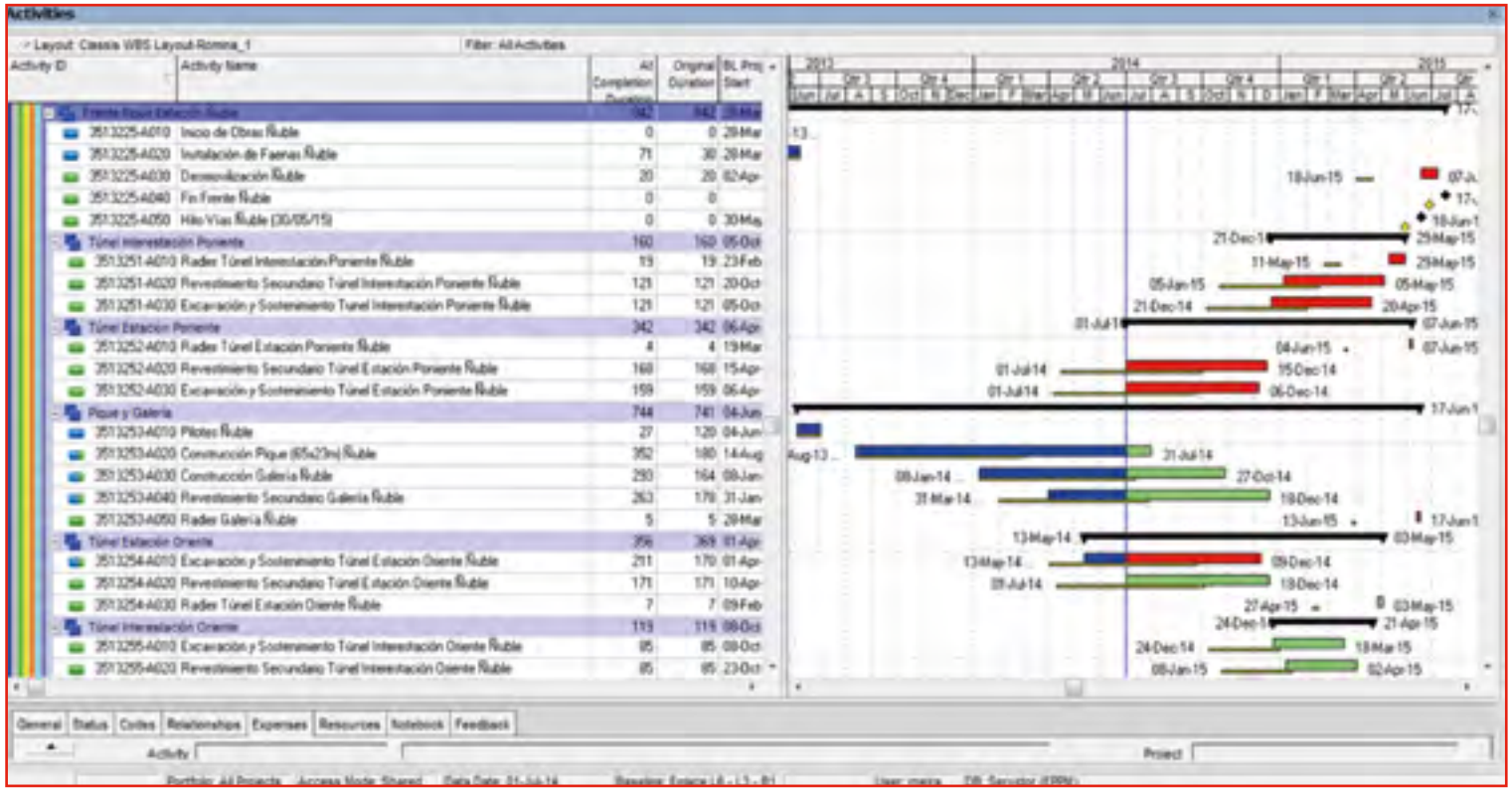
subcríticas do cronograma (a consecução das tarefas com maior probabilidade de se tornarem críticas).

A estrutura do Programa Mestre dependerá de uma definição consensual da equipe do projeto, com base em sua experiência e seus critérios particulares. Porém, é fundamental considerar a capacidade de gerar relatórios que forem definidos no Plano de Comunicações, pois aspectos como: o que vai ser informado, de que forma, com qual frequência, a quem, etc., são importantes na hora de ser precisos, claros e oportunos com os *stakeholders*. O Programa Mestre pode ser estruturado por vários critérios, tais como: acontecimentos importantes, especialidades, setores, entregáveis, etc.

A Figura 5.16 mostra um extrato do Programa Mestre do projeto da Linha 3 do Metrô de Santiago, onde é possível visualizar a data de controle e o caminho crítico.

Figura 5.16

"Fragmento de Programa Mestre do projeto Linha 3 do Metrô de Santiago, com o estado do projeto e o caminho crítico"



Fonte: Metrô de Santiago.

Para o caso do planejamento de projetos lineares (como no caso de projetos de STPST), o uso do diagrama Espaço-Tempo é comum, onde as atividades ocupam suas localizações em relação ao eixo X (distância) e ao eixo Y (tempo), o que permite ver facilmente não somente sua localização, mas também a direção do seu avanço e a taxa de progresso de forma imediata.

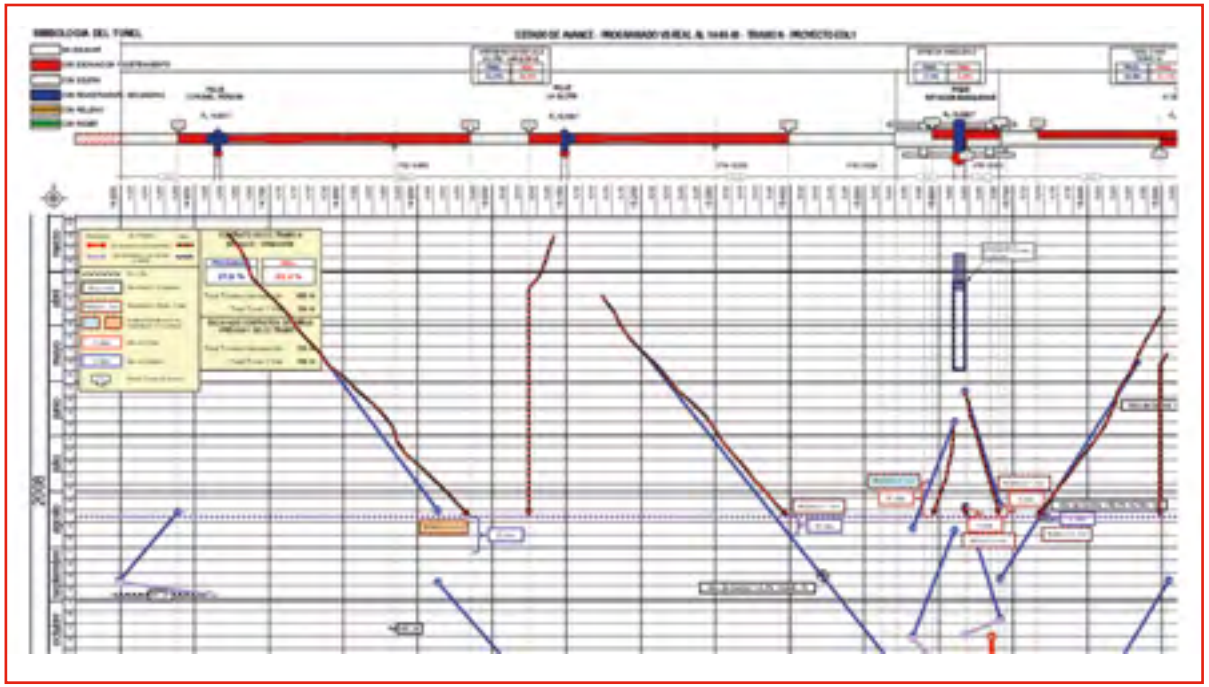
Além disso, as diferentes atividades são representadas usando ícones geométricos cuja localização no diagrama é análoga à sua posição real no entorno de trabalho, o que permite uma visão global e imediata de todas as tarefas do projeto em um único esquema.

Isso é muito prático quando se quer mostrar de forma comparativa o estado do avanço em relação à sua linha base, o desempenho dos rendimentos de forma visual, e projetar de forma gráfica o avanço das atividades.

Nas Figuras 5.16 e 5.17 são mostrados fragmentos de diagrama Espaço-Tempo (também conhecido como Tempo-Caminho) de Programas Mestres de diferentes projetos de STPST, com controle de avanço das escavações dos poços e túneis, onde são visualizados os desvios do progresso das atividades com relação à linha base.

Figura 5.17

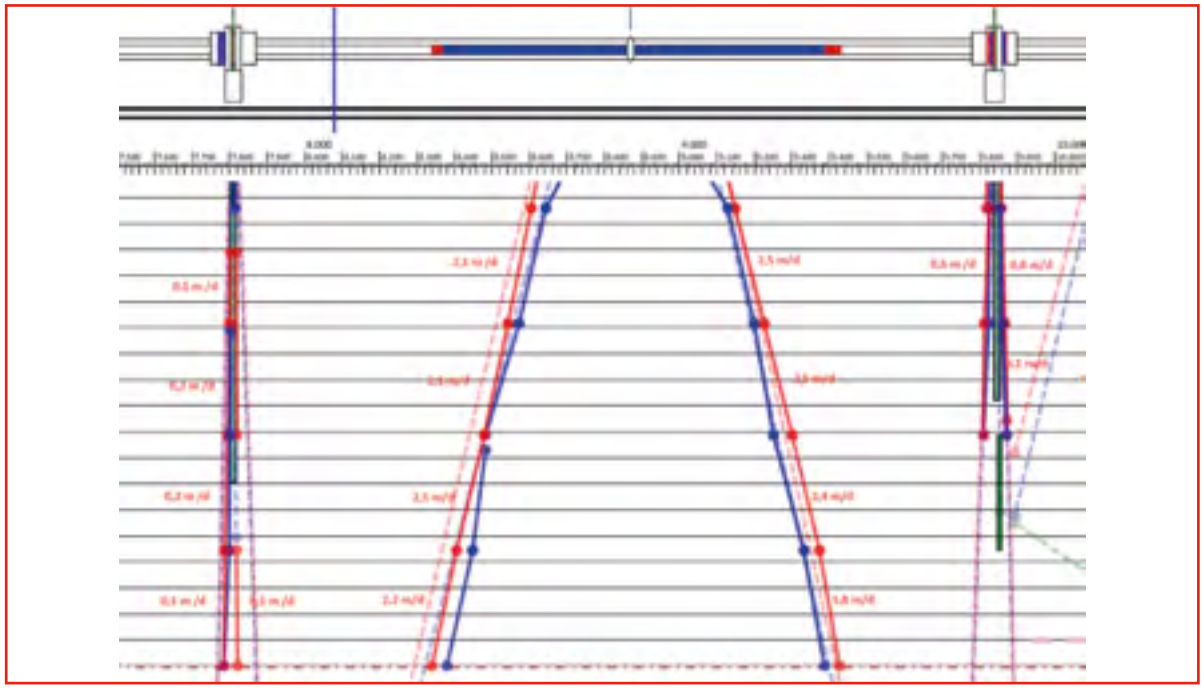
"Extrato do diagrama Espaço-Tempo do projeto 'Extensão Oriente Linha 1 do Metrô de Santiago', com controle de avanço das escavações de túneis"



Fonte: Metrô de Santiago.

Figura 5.18

"Extrato do diagrama Espaço-Tempo do projeto 'Linha 6 do Metrô de Santiago', com controle de avanço das escavações de poços e túneis"



Fonte: Metrô de Santiago.

5.3.2. *Programa Contratual*

O Programa Contratual (de detalhe), ao contrário do Programa Mestre, rege a execução do contrato de construção. Deve considerar todas as atividades, as tarefas, os acontecimentos importantes, os recursos, os tempos, as sequências e as relações que permitam realizar as obras até um nível de detalhe tal que, sendo maior que o do Programa Mestre, permita o controle das condições acordadas tanto em termos do cumprimento da metodologia construtiva e dos recursos utilizados, como dos elementos necessários para definir o pagamento do avanço dos trabalhos.

Analogamente, para o caso dos sistemas de equipamentos, esse programa deve considerar tudo quanto permita atingir a fabricação deles: a elaboração de protótipos, os testes, o transporte, as atividades de montagem, os testes particulares na obra, os testes integrados, os estáticos e os dinâmicos, etc.

Contudo, o Programa Contratual é o resultado de uma licitação onde o proponente adjudicado compromete o cumprimento das bases da licitação (os editais), que pela sua vez foram elaborados considerando as necessidades do Programa Mestre.

Quando a execução sofre algum desvio, é importante verificar o impacto no contrato (que pode estar associado com multas), pois uma reprogramação que possa ser eficiente contratualmente poderia não ser para o projeto. É aqui onde a equipe responsável do Programa Mestre

deve intervir de forma proativa, para independente do impacto no custo, no prazo ou no desempenho do contrato, assegurar que o "golpe" seja mínimo.

Embora na parte introdutória deste título seja declarado que estes dois programas são gerenciados, quando se conta com vários contratos de construção de forma simultânea, a visão estratégica do Programa Mestre sobre o Programa Contratual é muito mais relevante e influente na tomada de decisões quando são enfrentados desvios.

Em um convênio "chave na mão", pelo contrário, a incidência é menor, pois os compromissos, geralmente, são em prazos mais longos, sendo o contratante quem deve gerenciar a melhor estratégia para que o Programa Mestre não seja afetado.

Contudo, o Programa Contratual também é gerenciado por meio de cronogramas e diagramas Espaço-Tempo, só que com um nível de detalhe muito maior devido a que o controle é específico, e muitas vezes são examinados aspectos que condicionam o pagamento de avanço da obra (recursos, sequência, acontecimentos importantes, etc.).

Em geral, se os programas contratuais são consistentes com o Programa Mestre, e não apresentam desvios no prazo, ele deveria se manter vigente e ser reprogramado somente quando as condições reais ou contratuais de avanço vigentes impactem, de forma significativa e irremediável, em algum marco relevante do projeto.

Dependendo da equipe de projeto, particularmente da área de programação e controle, recomenda-se a definição da estrutura de decomposição de contrato, e que ela seja correspondente com o Programa Mestre. Essa decisão deve ser consensual antes dos processos de licitação para não a deixar conforme o livre critério dos proponentes e impacta principalmente em dois aspectos: na padronização da estrutura do programa e no planejamento e objetivação antecipada dos cálculos de avanços, no controle e no acompanhamento do contrato e sua correspondência com o Programa Mestre.

5.3.3. Marcos

Os marcos são objetivos, eventos ou conquistas de duração zero, particulares e importantes para o projeto ou para um contrato em particular.

Em um gigantesco projeto os marcos são principalmente estratégicos, sendo a base, embora não a única, para a definição das metas contratuais.

Assim, um marco do Programa Mestre pode ser a origem de um marco contratual, como por exemplo a "passagem do primeiro trem", que obriga a que todos os contratos civis, de vias e de energia deveriam estar finalizados, pelo menos, as intervenções de obra estrutural, montagem de equipamento e testes que permitam a tração e a passagem livre de um trem sobre o traçado já construído. Além disso, esse mesmo objetivo exige do contrato responsável do material rodante, contar com pelo menos um trem com todos seus testes funcionais finalizados e aprovados.

Em termos de recursos e dentro do Programa Mestre, os marcos podem condicionar sua injeção por parte da entidade financeira (em nível de orçamento), enquanto que as metas contratuais geralmente estipulam o pagamento de avanço de obras para o contratante.

Por exemplo, no Programa Mestre, o marco "finalização do projeto básico" pode gerar o ingresso de recursos aprovados previamente pelo sistema bancário multilateral, para licitação das obras de construção do projeto.

No contrato, o marco "escavação e a sustentação do túnel interestação até o Pk (ponto de quilometragem) 0,150" pode condicionar o pagamento dos primeiros 150 m de escavação, portanto o contratante não será retribuído pelos recursos gastados até antes desse ponto. Nesse exemplo, o marco não é devido à finalização de uma obra ou de uma etapa em particular, mas é um marco de controle que condiciona o pagamento que também pretende promover o enfoque de atingir antecipadamente o rendimento ótimo de escavação.

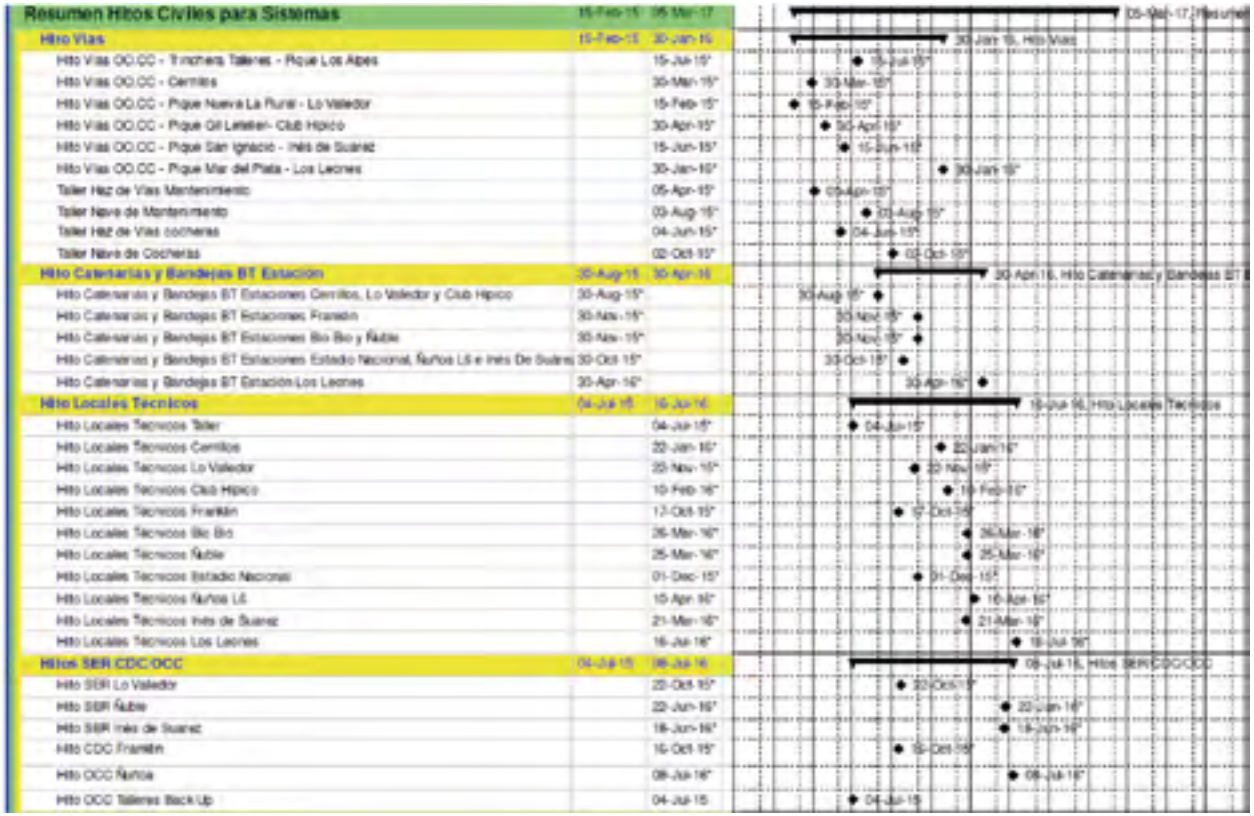
Por outro lado, existem objetivos que não necessariamente estão associados com recursos, mas refletem o estado do avanço ou de um contrato em particular. Exemplos disso são os seguintes:

- Marco de aprovação ambiental do projeto (marco do Programa Mestre)
- Marco de posse de terreno para oficinas (marco do Programa Mestre)
- Marco de finalização de escavação e sustentação de túnel interestação (marco do Programa Mestre e marco do Programa Contratual)
- Marco de entrega do local técnico de estações (Marco do Programa Mestre e do Programa Contratual)
- Marco de chegada do primeiro trem (marco do Programa Mestre e do Programa Contratual)
- Marco de disponibilidade de energia de tração (marco do Programa Mestre e do Programa Contratual)
- Marco de passagem do primeiro trem (marco do Programa Mestre)
- Marco de início da Operação Branca (marco do Programa Mestre)

Na figura 5.18, é apresentado um exemplo de marcos do Programa Mestre do projeto "Linha 6 do Metrô de Santiago".

Figura 5.19

"Marcos do Programa Mestre (extrato) de obras civis para sistemas do projeto 'Linha 6 do Metrô de Santiago'"



Fonte: Metrô de Santiago.

5.4. Construção de obras civis

5.4.1. Estações

Os conceitos de urbanismo moderno e futuro não podem ser dissociados de forma alguma da necessidade do estabelecimento de redes de transporte e comunicações nas cidades, pois a mobilidade urbana é sinônimo de qualidade de vida.

Da mesma forma que o conceito de "urbanismo" é aplicável às cidades, do ponto de vista da mobilidade, uma espécie de "urbanismo subterrâneo" é transferida às estações metropolitanas onde devem ser criados espaços habitáveis e transitáveis, pois elas não são um ponto limitador nem uma barreira entre a ordem da cidade e a rede de transporte, mas são nexos que devem estar desenhados perfeitamente e em concordância e harmonia mútua.

Sobre a definição de "estação" influem múltiplos fatores que em algumas ocasiões podem ter mais ou menos consistência, o que obriga a que os padrões fixados possam chegar a ser variados conforme a administração correspondente.

Em qualquer caso, não se deve esquecer que se trata de um espaço de conexão para ser utilizado por passageiros das redes de transporte, portanto se deve pensar na maior eficiência perante outros fatores. Por esse motivo, a funcionalidade deve ser máxima.

Contando com uma localização determinada de estação como base de início, definida por planejamento, deve-se realizar a centralização nos valores de ajuste que permitam a definição correspondente de cada uma delas.

Figura 5.20

"Exemplo de raio de ação do serviço de uma série de estações no Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Entre os fatores fundamentais que podem influenciar no desenho de uma estação, se encontram as definições básicas principais, que geralmente estão condicionadas por outra série de conceitos complementares.

Eles costumam estar baseados na administração correspondente nas legislações específicas, na normativa de cumprimento obrigatório, nas recomendações e nos guias práticos, na normativa e regulamentação interna, nos critérios de padronização, na análise de riscos, nos costumes e, inclusive, nas adaptações por inovações ideológicas e tecnológicas, em muitos casos.

Com certa ordem, esses critérios podem ser classificados da seguinte forma:

- Funcionalidade: demanda atual e futura
- Conectividade
- Arquitetura e tematização
- Localização e profundidade
- Instalações e ventilação
- Instalações comerciais e acessórias
- Sistemas de evacuação

Deve-se ter em mente o tipo de estação em função da definição da infraestrutura, que poderá ser elevada, em superfície, ou subterrânea e inclusive o tipo de operação, com linhas expressas, com duas ou mais vias, etc.

É importante destacar que as estações não são museus, nem centros comerciais, nem espaços culturais, etc. Contudo, como atividade complementar da principal, elas podem tematizar de uma forma específica ou oferecer outros tipos de serviços.

Esses espaços também não são reflexos elitistas de administrações, de empresas, de políticos, de arquitetos e de engenheiros. É preciso ter muita clareza em que são infraestruturas de grande envergadura e que qualquer modificação após sua construção é muito cara, e que têm uma projeção temporal muito elevada (de centenas de anos). Pela mesma razão, devem estar muito bem definidas, pensadas e repensadas, para que sejam confiáveis, seguras, de fácil manutenção e flexíveis perante futuras adaptações.

Os conceitos e as atividades principais a ter em mente no tocante ao desenho e à construção de estações de um projeto de STPST são: funcionalidade, conectividade, arquitetura e tematização, localização e profundidade (especialmente se se trata de metrôs subterrâneos) e execução.

5.4.1.1. ***Funcionalidade***

O objetivo fundamental de uma estação é materializar um ponto de interconexão entre o passageiro e a infraestrutura, onde seja possível realizar a transferência da forma mais rápida possível, conferindo-lhe a melhor qualidade que possa ser oferecida. Assim, o conceito de "funcionalidade" é chave e estranhamente deixado de lado em muitas ocasiões ou, simplesmente, subestimado perante questões laterais.

A viagem, para a qual a infraestrutura é elaborada, pode subdividir-se em várias etapas:

- *1ª Etapa:* origem – acesso à estação
- *2ª Etapa:* aacesso à estação – plataforma
- *3ª Etapa:* viagem de trem.
- *4ª Etapa:* plataforma – saída estação
- *5ª Etapa:* saída estação – destino

1ª Etapa: origem – acesso à estação e ***5ª etapa:*** saída estação – destino.

Os estudos de transporte propõem a situação ótima nas estações para conseguir a cobertura máxima, atendendo o critério de limitar a máxima distância percorrida a pé na superfície.

Os estudos provenientes dos resultados de análise de mobilidade e de demanda são contrastados com mapas geográficos, de projeção demográfica, sociais, etc., existindo a possibilidade de ser influenciados por critérios designados pelas administrações de turno, por tendências atuais ou previsões futuras, para atuar no tocante aos equilíbrios demográficos e sociais.

Dependendo da distância entre a origem e o destino do percorrido, e dos modos de transporte alternativos, os acessos de entrada e/ou saída, e a saída das estações elevadas ou subterrâneas, são fatores dissuasivos para o passageiro, podendo optar por outros modos de transporte.

Esse dado, resultante da análise de experiências de viagem, motiva a localizar os acessos de forma tal que o percorrido nelas seja o menor possível. É por isso que, para o caso de estações não localizadas em superfície, a ideia é que as entradas sejam definidas da forma mais simples possível.

2ª Etapa: acceso- plataforma y ***4ª Etapa:*** plataforma - saída da estação

EEssas etapas, em estações subterrâneas e elevadas, devem estar otimizadas para minimizar os percursos horizontais e verticais, os quais têm a peculiaridade de se desenvolver em meios hostis.

Figura 5.21

"Construção de estação no viaduto da linha 3 de SITEUR de Guadalajara"

Fonte: SITEUR.

A modelagem de fluxos no desenho das estações é fundamental para minimizar os deslocamentos, sem prejudicar a fluidez, especialmente no controle do bloqueio e na mecanização dos movimentos verticais.

Ao longo da história, a implementação de novas técnicas construtivas e de novos procedimentos de consolidação de solos têm modificado a média das profundidades nas estações e a sua forma.

Atualmente, com os meios e soluções existentes no mercado, poderia se dizer que a construção de qualquer tipo de estação é muito provável, não somente enterrada, mas também elevada.

Contudo, deve-se ter clareza enquanto à funcionalidade principal para a qual uma estação é construída: facilitar a movimentação de pessoas entre a cidade e o meio de transporte, minimizando os percorridos, de tal forma que o tempo investido nesse transbordo seja o menor possível.

Questões paralelas ao principal (transporte de passageiros) não devem condicioná-lo. O passageiro agradece profundamente que existam serviços complementares como lojas de diferentes produtos, áreas de internet livre, espaços culturais abertos a todo público, etc., (o que também gera proximidade da marca do operador e, geralmente, representa receitas não tarifárias). Porém, nunca se deve esquecer que sua funcionalidade principal é facilitar a mobilidade dos usuários na cidade.

As recomendações principais são:

- Realizar um desenho preliminar.
- Colocar o desenho em contato com todos os intervenientes na operação e na manutenção futura da instalação.
- Realizar simulações de movimentos dos passageiros, para situação inicial e futura e também, para situações de degradação e acidentais.

5.4.1.2. *Conectividade*

Realizar a conexão entre o entorno urbano das estações, bem como a interconexão tanto dentro da própria estação, como entre várias linhas da rede ou diferentes modos de transporte, faz com que esse aspecto tenha uma grande importância. Da mesma forma, esses nexos deverão ser desenvolvidos nos espaços físicos disponíveis, abaixo ou sobre o nível do solo.

Em algumas ocasiões, onde as soluções construtivas têm maior importância que a conectividade, por exemplo, ela tem que ser realizada de tal forma que os tempos e os percorridos entre os pontos de conexão sejam sempre os menores.

Atualmente, com os grandes avanços em construção e maquinaria existentes, é possível materializar praticamente qualquer solução. Se ela o permitir, sua otimização é conveniente e visa percorrer as menores distâncias possíveis, tanto em horizontal, como em vertical.

Dentro do marco do tipo de infraestrutura, poderão existir diferentes tipos de estações em função da localização, conforme apresentado nas figuras a seguir:

Figura 5.22

"Estação elevada U-Bahn Kottbusser Tor do Metrô de Berlim"

Fonte: http://egoistic56.rssing.com/chan-24372128/all_p7.html

Figura 5.23
"Estação subterrânea com plataforma central do MetrôRio"

Fonte: ALAMYS.

Figura 5.24
"Estação subterrânea em túnel do Metrô de Bilbao"

Fonte: Transportes de Euskadi.

A conectividade nessas obras deve ter presente o fluxo dinâmico de passageiros, realizando as simulações correspondentes.

As conexões entre as redes de transporte do mesmo sistema geralmente têm capacidades similares, mas não devem ser esquecidas as frequências, as dimensões de veículos, a longitude dos trens, etc., que possam influenciar.

Os nexos entre outros modos de transporte podem ter maior impacto, pelo qual as zonas de deslocamento entre uns e outros, e inclusive as áreas de espera, devem contar com suficiente capacidade para absorber as diferenças que existem entre esses modos.

As principais recomendações são:

- Nas estações subterrâneas padrão a conectividade com o meio urbano deverá ser garantida, do ponto de vista da situação dos acessos em pontos estratégicos e o número deles a serem considerado.
- Nas estações subterrâneas de grande envergadura deveriam ser colocadas várias entradas e saídas. Elas devem estar localizadas, dentro do possível, em zonas livres de deslocamentos com outras finalidades ou com pouca influência delas, e devem ser as mais amplas possíveis.
- Nas estações subterrâneas de transferência para outros modos ou estações de integração, o impacto desses outros modos na rede e vice-versa deverão ser levados em conta, para que os nexos verticais sejam desenhados (elevadores, escadas rolantes, etc.) e horizontais (galerias de interconexão e corredores) com capacidade para suportar a movimentação que houver. Da mesma forma, as zonas de espera entre um e o outro modo

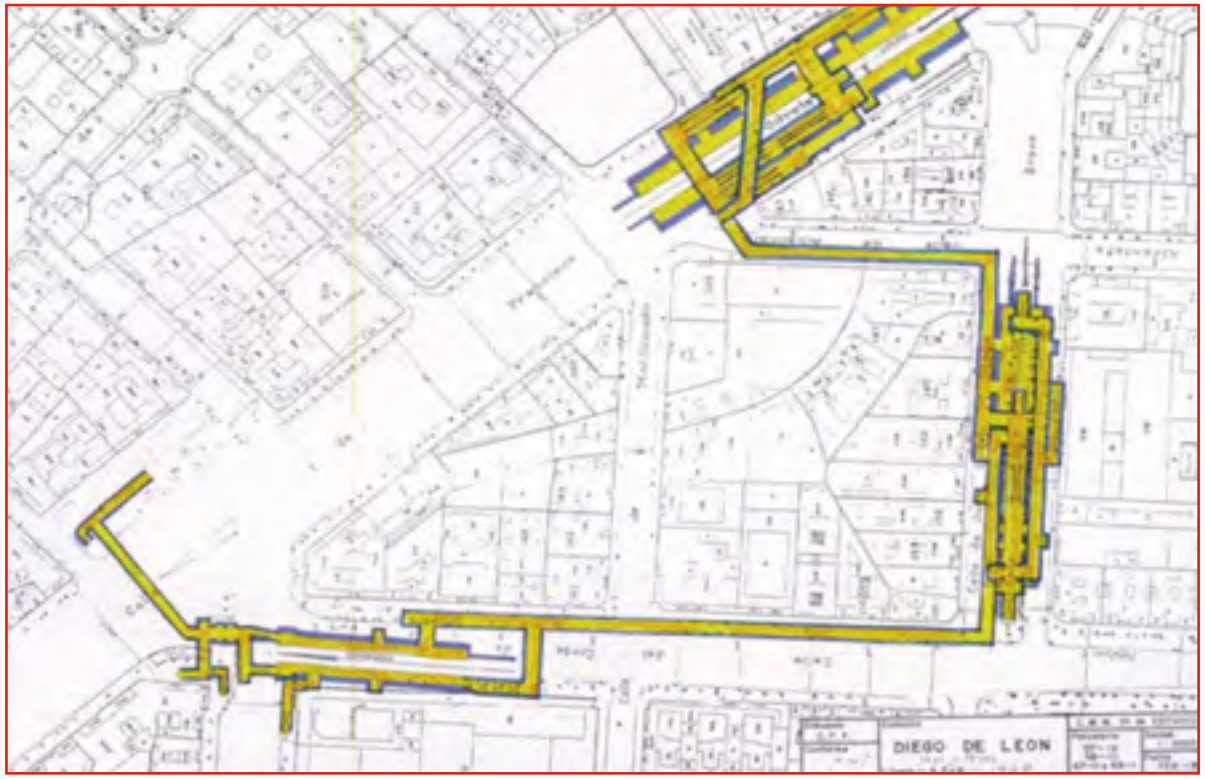
deveriam ser suficientemente amplas, como para suportar os fluxos de passageiros em decorrência dos intervalos das frequências dos sistemas de transportes envolvidos.

- Nas estações localizadas no nível do solo, ou efeito "barreira" ou "obstáculo" na superfície, isso é o que pode ter um maior impacto nos fluxos de passageiros com o entorno urbano, pois não existem diferenças importantes no nível como para diminuir o congestionamento com deslocamentos verticais. É por essa razão que deveriam estar localizadas em áreas amplas, com menor impacto em outros modos de transporte, tais como praças ou parques.
- Nas estações elevadas, se forem pontos conexão, podem se utilizar soluções e infraestruturas construídas no nível do solo de forma paralela, se o espaço for suficiente, ou podem ser utilizadas outras em nível diferente, tendo essa última solução um impacto maior no espaço público, por tanto é importante que- tanto funcionalmente, como arquitetonicamente- a edificação resultante esteja em "sintonia" com o contexto urbano.
- De forma comum para todas as soluções, será dada relevância às zonas de interconexões, para que sejam amplas e expeditas, evitando soluções confusas e "labirínticas".
- Da mesma forma, todas as soluções devem considerar facilidades na área de conexão com elementos de deslocamento mecanizados verticais e horizontais, para a demanda atual e futura.

Existem múltiplas soluções mundialmente adotadas em relação à conexão entre modos de transporte e em "sintonia" com o meio urbano. A seguir são apresentados alguns delas:

Figura 5.25

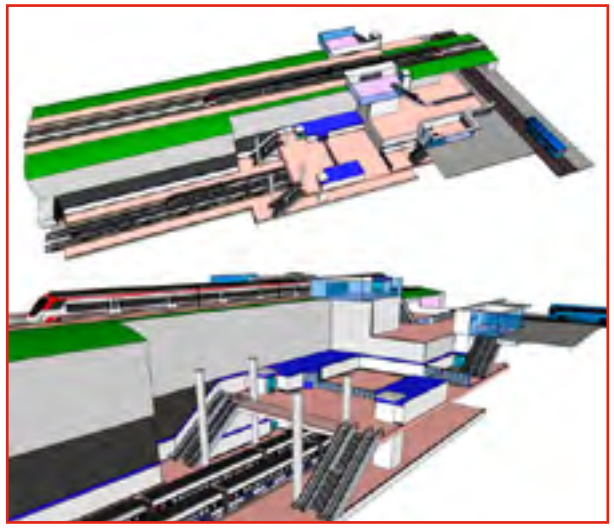
"Estação em caverna interconectada (intermodal) de Diego de León do Metrô de Madri"



Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.26

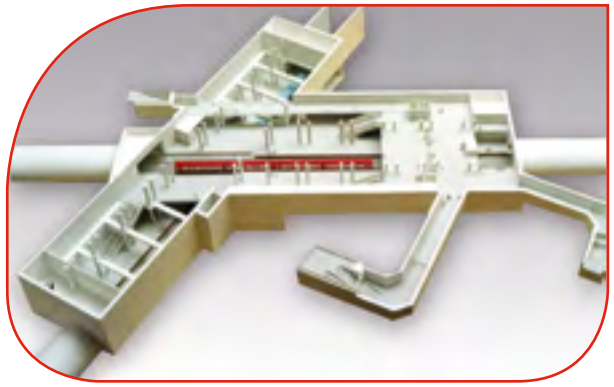
"Esquema da estação de integração de Mirasierra do Metrô de Madri"



Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.27

"Esquema de transferência em estação com duas linhas, sem galerias de conexão, do Metrô de Madri"



Fonte: Metrô de Madri.

5.4.1.3. Arquitetura e tematização

Utilizando a definição de arquitetura como a arte e a técnica de projetar, de desenhar, de construir e de modificar o hábitat humano, incluindo prédios de todo tipo, estruturas e espaços arquitetônicos e urbanos, é possível dizer que essa disciplina dá um sentido à materialização das ideias que, primeiramente, são plasmadas em um documento ou projeto, e que posteriormente são executadas.

Dependendo da administração ou da empresa correspondente, esse campo pode abranger a figura do "criador da ideia" ou do "integrador", que se encarrega de reunir as necessidades atuais e futuras da instalação, para poder levá-las à prática.

Tal como acontece em outros âmbitos da arquitetura, a materialização do projeto de uma moradia é realizada por um profissional da matéria que é o encarregado de reunir as necessidades dos seus clientes, de ordená-las e torná-las executáveis. Muitas vezes pode ocorrer que essas instruções não estejam o suficientemente claras, por tanto a perícia dessa pessoa junto com sua vasta experiência, são muito válidas para o enquadramento e posterior materialização de tudo.

Utilizando a comparação anterior, a figura do "técnico" (engenheiro civil, arquiteto, engenheiro industrial, etc.), com experiência e conhecimentos suficientes, é a encarregada de materializar os volumes correspondentes que conformam uma infraestrutura com essas características, contando sempre com as instalações necessárias para torná-la completamente funcional, não somente pela distribuição dos espaços, mas também pela incorporação das edificações necessárias.

Esses espaços públicos geralmente são excelentes referenciais, pelos motivos que corresponderem, para servir aos passageiros como projeção em questões de relevância relacionadas com a localização das estações ou com seu nome comemorativo, por exemplo.

Essa tematização das estações pode ser realizada mediante a conformação dos acabamentos correspondentes (com murais, se preferível) ou com a introdução dentro dela, de espaços de visita ou espaços comemorativos (como pequenos museus), sem que isso represente custos adicionais significativos.

Em relação ao desenho das estações deve haver certa flexibilidade na definição dos volumes e do enquadramento dos espaços. Da mesma forma, as novas soluções e opções também devem ter a capacidade para idealizar novas respostas testadas que melhorem a capacidade de manutenção, a flexibilidade, etc.

Um organismo ou equipe de trabalho único deve saber convergir todas as necessidades e fazê-lo da forma mais adequada possível, ainda quando em primeira instância pareça uma "solução" mais cara, pois se a projeção de custos futuros for considerada

(como por exemplo, a manutenção da infraestrutura) e também que essas instalações têm um período de vida útil elevado, pode resultar economicamente mais vantajoso.

Da mesma forma, os órgãos de decisão e responsabilidade devem estar perfeitamente definidos e conhecer todas as funções que intervêm de tal forma que as decisões essenciais não demorem mais do requerido.

Os requerimentos, que evoluem com o tempo, devem estar fixados na hora da definição da estação, por tanto, se requer que estejam claros e baseados em soluções padrão suficientemente contrastadas. Essas questões serão reunidas em um documento funcional ou um programa de necessidades.

As recomendações, então, de caráter organizacional e técnico são:

- Definição da equipe redatora, com capacidade de decisão
- Definição do programa das necessidades
- Identificação das soluções baseadas em projetos funcionais e em normativa interna

Cada administração ou empresa mandante deve ter sua organização definida, dispor da documentação interna adequada para definir suas necessidades e determinar como fazer sua materialização na construção final de uma estação.

Em algumas ocasiões, essas administrações disponibilizam seus documentos ao público, ou geralmente fazem parte das condições de contratação quando são requeridos serviços de consultoria, por exemplo. Em outras ocasiões, os órgãos de decisão ou as equipes redatoras fazem a definição das condições para a infraestrutura da estação na hora de sua execução, formando-a na tentativa de abranger todas as necessidades requeridas pela instalação.

Figura 5.28

"Acceso a estação, MetrôRio"

Fonte: ALAMYS.

Figura 5.29
"Estação Universidad de Chile do Metrô de Santiago"

Fonte: Metrô de Santiago.

5.4.1.4. *Localização e profundidade*

A localização das estações deve estar definida por questões técnicas atuais e com projeção futura, que também poderão ser influenciadas por questões de outra índole, atuais ou futuras.

Os estudos de demanda, matrizes Origem-Destino (O-D), os mapas de mobilidade, etc., definem a localização ótima das estações. Em muitas ocasiões e com os *softwares* atuais, esses modelos são utilizados para realizar as modificações correspondentes de tal forma que em um cenário de curto prazo a melhor solução possa ser identificada e, em um cenário de longo prazo, conseguir definir zonas reservadas ou respostas que entreguem maior flexibilidade à solução atual proposta.

Dependendo do tipo de estação (abaixo do nível do solo, no nível do solo, ou elevadas) dever-se-á considerar o seguinte:

Estações abaixo do nível do solo:

Superfície de ocupação da área de trabalho da estação, junto com as longitudes necessárias para a localização de aparelhos de via padrão.

- Disponibilidade de espaços na superfície:
  - Utilização de parques, de canteiros, de zonas verdes (de pouco valor ambiental), de praças, etc.
  - Utilização de áreas viárias em zonas residenciais, boulevards, etc.
  - Requerimentos de espaços na superfície

para a localização de elementos acessórios para a estação: poços de ventilação, de bombeamento, saídas de emergência, acessos, estruturas dos elevadores, etc.

- Reserva de espaço para a localização de uma possível estação futura, influenciando o traçado e a solução construtiva do túnel (em função do tempo estimado em sua construção).
- Outros condicionantes:
  - Legislativos e administrativos
  - Sociológicos e demográficos
  - Demográficos

Quando a superfície a ser disponibilizada para área de trabalho não é suficiente para a instalação da estação, é possível recorrer às soluções a seguir:

- TTipo caverna.
- Tipo caixão principal com poços ("piques") e galerias laterais em mineradoras (escavação subterrânea), para instalação de escadas e realizar as conexões correspondentes.
- Nos casos mais extremos, e dependendo da legislação e da administração correspondente, podem ocorrer soluções de desapropriação de edificações privadas ou utilização de espaços públicos. Inclusive, é possível propor a compra direta de terrenos aos proprietários, em função dos prazos e dos condicionantes existentes.

Em algumas ocasiões, os condicionantes são tão restritivos que impactam na morfologia da estação, tendo que recorrer a respostas "não padrão" ou com um grau de modificação na solução "padrão" que resulta significativo, tendo que tornar a fazer a geometria da infraestrutura.

De igual forma, na construção das estações, e no tocante a sua localização, a reserva de espaço para armazenagens temporais, meios auxiliares, etc. se torna necessária e é imprescindível para a construção, a análise dos acessos, o movimento de maquinaria pesada, e para o impacto que representam no entorno da estação.

No caso de que ela seja utilizada como poço de ataque para métodos de construção com tuneladoras, geralmente as zonas auxiliares são significativas, embora seja possível realizar exceções com uma boa logística entre a execução da estação e do túnel, com a zona auxiliar.

A profundidade da estação é um fator chave em sua edificação. Geralmente é a resultante de um processo iterativo, em função das condições do contorno geográfico e dos processos construtivos necessários para a execução das obras da estação. Também, geralmente está condicionada pela inclinação que o material rodante puder absorver, em função da distância horizontal, logicamente, pois -de forma concatenada- a estação anterior pode condicionar a profundidade da seguinte, e assim por diante.

Em alguns projetos, normalmente a minimização dos deslocamentos verticais é priorizada; enquanto que, em outras, a escolha do método construtivo em função do tipo de solo determina a profundidade da estação de forma segura. Em alguns casos, os condicionantes climatológicos ou a presença de acidentes geográficos difíceis de serem evitados influenciam na instalação, tendo que procurar maiores profundidades.

Por essa razão, é possível estabelecer a classificação a seguir:

- Influência da operação: funcionalidade da estação (de integração), intercomunicação com outros modos de transporte, influência nos espaços de interesse público ou privado, etc.
- Influência do entorno físico: tipo de solo, disponibilidade de espaço na superfície, existência de lençóis freáticos superficiais, acidentes geomorfológicos profundos, etc.
- Condicionantes existentes paralelos à infraestrutura: instalações e sistemas gerais; arqueologia e paleontologia; e edificações ou construções subterrâneas adjacentes.
- IImpacto da solução construtiva: solução em caverna, solução *cut and cover*, tuneladora.

Figura 5.30

"Localização e traçado da futura linha 10b em Zona Chamartín do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Estações no nível do solo:

Neste caso, o efeito "ponto gordo" é criado sobre a zona urbana. O traçado, emergente ou não e antes e depois da estação, gera "efeito barreira", sendo ele de maior envergadura quando se trata da estação, pois precisa de maior superfície na área de trabalho.

O desenho dessa estrutura deve colocar especial atenção nos elementos que realizarem prevenção de:

- Situações acidentais: com veículos, com congregações massivas de pessoas na superfície por manifestações, com shows, etc.
- Situações extraordinárias: como vandalismo, por exemplo.

Neste caso, a construção é abordada de maneira aberta na superfície, o que requer de grande espaço não somente para a obra, mas também para a logística necessária em sua construção. Por tanto, geralmente são necessários desvios do trânsito, mudanças nos percursos do transporte de superfície, retirar ou deslocar redes de serviços, etc.

Figura 5.31

"Estação elevada intermodal metrô - tranvía, Metrô de Medellín"

Fonte: ALAMYS.

Estações elevadas:

Em estações elevadas (viaduto), o efeito "barreira" se vê diminuído radicalmente sem que tenha um grande impacto, embora se traduza em um elemento visual muito importante, transformando-se em um "muro ambiental", mais do que um físico per si.

Nestes casos, os condicionantes de localização serão determinados pelo ambiente, pelas edificações adjacentes e pela normativa local, mais do que por qualquer outra questão. A utilização de espaços para a colocação dos pilares ou suportes necessários na criação da infraestrutura é o que deve ser reservado, tendo pouco impacto na superfície.

Tanto para infraestruturas em nível do solo como elevadas, deve-se ter em mente o "efeito barreira" produzido pela geração de ruído e as possíveis vibrações nos prédios próximos.

Para a escolha definitiva da localização da estação, a comprovação *in-situ* da possível localização será necessária, levando em conta as situações que possam ocorrer antes e durante a execução dos trabalhos, deixando logicamente a situação final definida. Deverá ser colocada especial atenção nos acessos e nos elevadores: isolados (em superfície ou com telhados como cobertura) ou integrados em edificações existentes, de tal forma que possam fazer parte delas.

Da mesma forma, devem ser considerados outros elementos que ficarão localizados na superfície, como as saídas de emergência, as grelhas de ventilação, etc. De acordo com cada um deles vai ser necessário um espaço maior ou menor, acessos condicionados, entre outros. Esses sistemas não precisam somente de um lugar para sua localização física, mas também para situações de serviço, degradadas ou inclusive acidentais.

Em relação à profundidade nas estações abaixo do nível do solo, elas devem minimizar os percursos dos passageiros, levando em conta que o túnel de acesso à estação e sua profundidade é um dos maiores condicionantes.

Outros fatores paralelos podem ser: as edificações adjacentes abaixo do nível do solo, as subestações enterradas, os depósitos, as galerias de conexão, os sistemas gerais da cidade, etc., que podem determinar e inclusive "deformar" a estrutura da estação, podendo esquivar essas infraestruturas, desviá-las, realocá-las ou integrá-las.

Os elementos geológicos, geotécnicos, hidro geológicos ou climatológicos também podem estabelecer a profundidade, bem como os achados arqueológicos, os paleontológicos, ou estratos de interesse.

Contudo, as principais recomendações são:

- Comprovação dos espaços e análise da realidade física da zona da localização da estação e dos arredores, bem como dos acessos que a área urbana define para chegar até ela.
- Análise de espaços necessários para situações temporais e definitivas, tanto em serviço contínuo, como degradado e/ou acidental.
- Conhecimento do terreno em profundidade, em nível técnico e a incorporação no estudo da climatologia, da hidrologia superficial e subterrânea, etc.
- Mapas sociológicos e/ou demográficos. Utilização de ferramentas GIS.
- Utilização de estudos e bibliografia histórica e pré-histórica. Aproveitamento da etapa de reconhecimento geológico-geotécnico para a identificação de achados arqueológicos de qualquer tipo. No caso: estabelecimento de servidões e de áreas específicas de trabalho.

5.4.1.5. **Obra civil**

A execução de estações pode ser abrangida em três grandes capítulos: estações no nível do solo (na superfície, em trincheira ou não), estações elevadas (em viaduto) ou estações subterrâneas.

Estações na superfície

Basicamente, esse tipo de estação não tem muita complexidade além da construção da infraestrutura ferroviária (vias, sistemas elétricos, etc.) e das edificações que dão cobertura, desde as mais simples, com uma pequena marquise em cada uma das plataformas existentes, até as mais complexas, com a criação de construções emblemáticas sobre a estação.

Essa última parte normalmente é reservada para lugares de certa importância: zonas de transferência para outros modos de transporte, prédios multifuncionais que abrangem centros comerciais, com sistemas de transporte, centros de estudos massivos, entre outros.

Aquelas estações com altas frequências, em climas "favoráveis" geralmente são bastante simples. Em climas mais agressivos, deve-se recorrer a espaços fechados que permitam uma integração confortável e segura com cada uma das plataformas e zonas da estação.

Estações elevadas

As estações elevadas, ou em viaduto, normalmente são dessa forma quando não existe disponibilidade de espaço no nível do solo. A solução subterrânea apresenta inconvenientes técnicos, econômicos ou delicados para a comunidade (achados arqueológicos, por exemplo), nos casos em que outros modos de transporte superficiais são adaptados ou quando se quer fazer parte de prédios emblemáticos com outro tipo de serviços.

Nesse tipo de estações deve-se ter em mente a localização dos acessos, dos corredores e das escadas, dos sistemas de transporte vertical mecanizado, etc.

As soluções pré-fabricadas geralmente são as mais utilizadas, deixando a execução *in-situ* para questões como "acessórios da estação", como é o caso de poços de elevadores, escadas de acesso, etc. Porém, a definição ou a combinação da metodologia construtiva a ser utilizada dependerá dos elementos arquitetônicos, funcionais e ambientais envolvidos na estação.

A sequência construtiva geral das estações elevadas obriga à intervenção de uma área importante da infraestrutura superficial existente, devido tanto a sua envergadura física (aérea), como aos critérios de desenho.

Estações subterrâneas

Pode-se distinguir dois grandes grupos de estações: construídas a céu aberto ou em caverna.

De acordo com a tipologia, podem ser construídas:

- Entre paredes de estacas de concreto, com estacas secantes ou não, em função dos condicionantes do terreno; ou entre muros de concreto, propriamente ditos, para tentar tornar a estação a mais hermética possível.
- Executada por fases: no caso de ter que realizar desvios de trânsito ou de qualquer outro tipo de serviço.
- *Cut and cover*: procedimento de execução de paredes tipo diafragma e lajes de concreto, podendo ser executada previamente à escavação ou posteriormente no final da escavação por meio da utilização de lajes concretadas sobre cimbramento ou pré-lajes ou vigas pré-fabricadas de concreto. Esse último caso geralmente é utilizado no caso de querer utilizar a estação como poço de ataque da tuneladora.
- Estações em caverna: executada pelo Método Alemão ou pelo Método Austríaco modificado.

Nesse caso, a identificação do método adequado a todos os condicionantes existentes é muito relevante.

As principais recomendações são:

Realização de análises geológicas, geotécnicas e identificação dos serviços existentes na zona, localização de possíveis jazidas arqueológicas e paleontológicas, forma de tratá-los, e detecção de impactos na execução da estação, identificação, controle e acompanhamento de edificações adjacentes, elementos de proteção e de sistemas de auscultação.

a) *Construção Cut and Cover:*

A execução consta das seguintes fases:

- Execução de muros laterais
- Escavação entre muros até a cota da laje superior e sua execução
- Reposição de uso em superfície e escavação abaixo de laje
- Execução da laje de fundo

O sistema admite múltiplas variantes em função da tipologia da laje superior, o momento de reposição do uso pré-existente em superfície, a necessidade de executar lajes ou reforços intermédios, etc.

Construção de paredes diafragmas:

Trata-se da execução convencional de paredes diafragmas com as operações prévias de muro guia para sua escavação, escavação com ou sem fluido estabilizante (lamas ou polímeros), colocação de armadura e concretagem. As paredes diafragmas normalmente são de 0,60 m até 1,20 m de espessura, e as profundidades normalmente variam entre 10 e 30 m. Também é possível considerar a opção de estacas separadas (na ausência de água) ou de estacas secantes.

Escavação entre paredes diafragmas:

O terreno é escavado até o nível das abóbadas ou laje superior, colocando escoramentos provisórios em caso necessário. Dependendo da espessura dos enchimentos, será disponibilizada uma laje plana ou uma abóbada.

Construção da abóbada e recheio:

A fase é iniciada escarificando a parede diafragma para embutir a abóbada ou a laje plana nela. A abóbada pode ser construída sobre o próprio terreno, ou mediante uma forma que é apoiada no solo, o que requer que a escavação seja algo maior.

Uma vez que a abóbada é construída e impermeabilizada, é recheada sobre ela mesma e a superfície é restituída ao seu estado original. Essa ação exerce uma dobra sobre as paredes diafragmas, similar à dos "escoramentos", o que permite continuar com a execução da estrutura.

Escavação sob uma coberta e realização da laje de fundo:

A escavação da secção do túnel é realizada sob proteção da abóbada ou da laje, desde o próprio túnel, o que obriga a extração das terras mediante uma rampa ou poço. A escavação vai até o nível da laje de fundo e ela é executada, embutindo-a nas paredes diafragmas.

Embora seja pouco comum, em ocasiões (carga de água importante) deve ser colocado um nível de escoramento entre a abóbada e a laje de fundo, o que torna as condições de trabalho mais difíceis e deve ser retirado quando a laje de fundo estiver executada.

Notas:

- Nas estações, para dar lugar às plataformas e salas, é necessária uma melhor luminosidade. Isso implica na necessidade de apoios intermédios para as lajes, geralmente em forma de "pilas- estaca".
- A concretagem da laje superior pode ser *in-situ* ou de vigas pré-fabricadas.
- A criação de um nível intermediário (nível de mezanino) é necessária, onde ficam localizados os elementos de aquisição de bilhetes. Isso implica na inserção de uma laje intermediária entre a laje superior e a laje de fundo.
- Essa laje intermediária pode ser apoiada no terreno (conectando-a com as "pilas-pilote"), com cimbramento apoiado na laje de fundo, ou pendurada da laje superior (pós-tensão)..

De uma forma geral, o método poderia ser resumido nas fases apresentadas na Figura 5.32.

Figura 5.32

"Fases do processo *Cut and Cover*"

Fonte: Metrô de Madri.

b) *Construção em caverna:*

É possível que nas zonas de alta densidade de população seja necessário que a estação fique localizada no subterrâneo, por tanto deve-se apresentar uma caverna de grande dimensão (18 m de largura livre), com a cobertura de solos necessária para permitir a escavação sem interferir no trânsito e nas áreas existentes na parte superior da caverna.

Esses métodos têm resultado úteis em zonas onde a interrupção do trânsito e o deslocamento de interferências é impossível, ou em locais onde não existem grandes terrenos disponíveis nas proximidades da localização das obras que permitam a abertura de um grande poço de ataque para a construção e a possível colocação do acesso subterrâneo à estação.

Por exemplo, as cobertas de solos em Buenos Aires, Argentina, estão na ordem de um mínimo de 5 m. Isso está estritamente ligado com a competência do solo onde a estação em caverna está sendo projetada.

São estações desenvolvidas mediante métodos com túneis, avançando com uma frente de escavação escalonada na parte superior (calota) até a inferior (soleira), com avanços não maiores de 1 m, revestimento primário (concreto projetado) nos comprimentos não maiores de 20 m, e o encerramento do túnel é completado com a soleira para assegurar a estabilidade da escavação.

O acesso a esse tipo de obra é mediante rampas de importante longitude, instaladas nas ruas laterais que suportam a interrupção parcial da rua, ou mediante poços de ataque que vão implicar em amplas reduções temporais e muito desconfortáveis para a passagem dos veículos na própria avenida onde a caverna está situada. As rampas permitem o acesso de grandes equipamentos individuais de escavação, de caminhões para a extração de solos e a entrada e saída de materiais e pessoas.

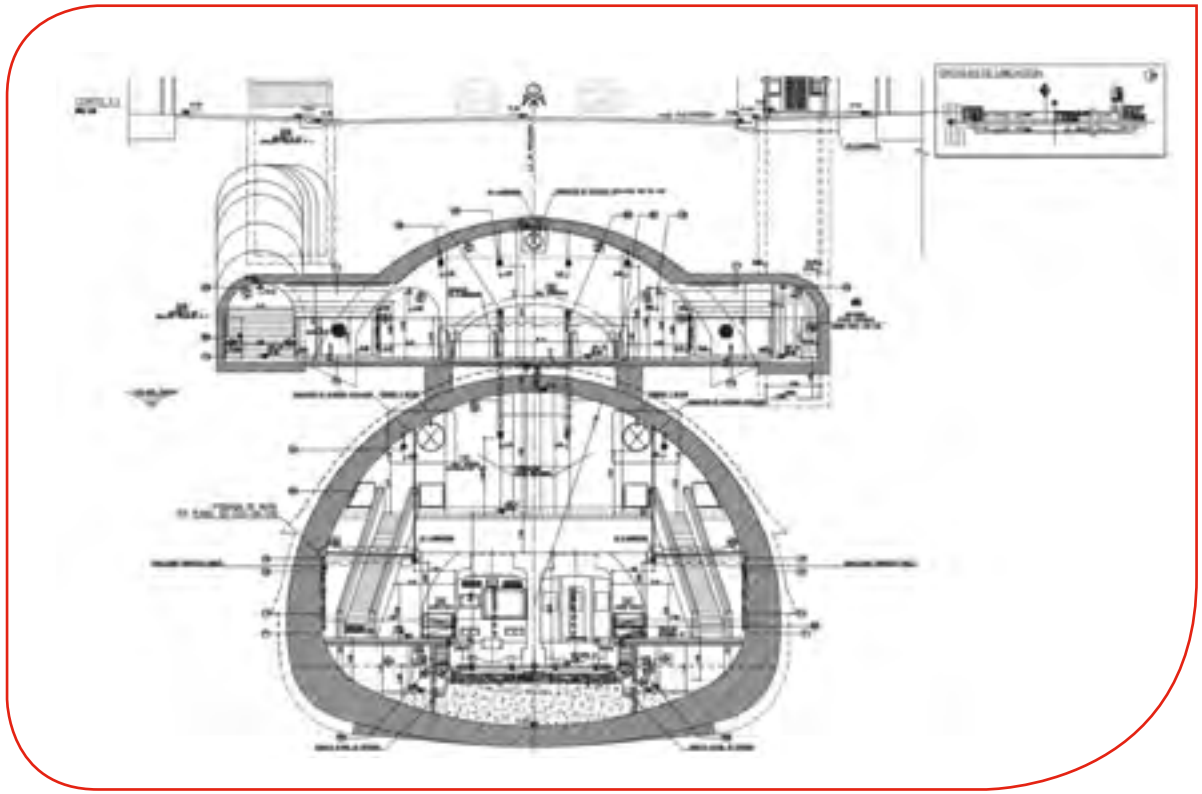
Figura 5.33

"Estação em caverna da Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.34

"Corte de estação em caverna e mezanino construído em subterrâneo com o método de túneis, na Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

É imprescindível que esse tipo de estação seja proposto em zonas de alta densidade de população, de trânsito, e onde a redução das zonas de passagem de veículos não é possível.

Também é imprescindível que a capacidade de resistência do solo permita a escavação de uma grande caverna de 18 m de luz livre e de 12 m máximo de altura livre. Elas surgem quando se realizam formas circulares que são as mais estáveis (formas de arco) para utilizar as propriedades de auto sustentação do solo, e diminuir as cargas a serem deslocadas pela sustentação primária.

Como desvantagem, para esses procedimentos, é a alta intervenção nos solos superiores dessas zonas, onde existem instalações de serviços públicos de importante tamanho e quantidade.

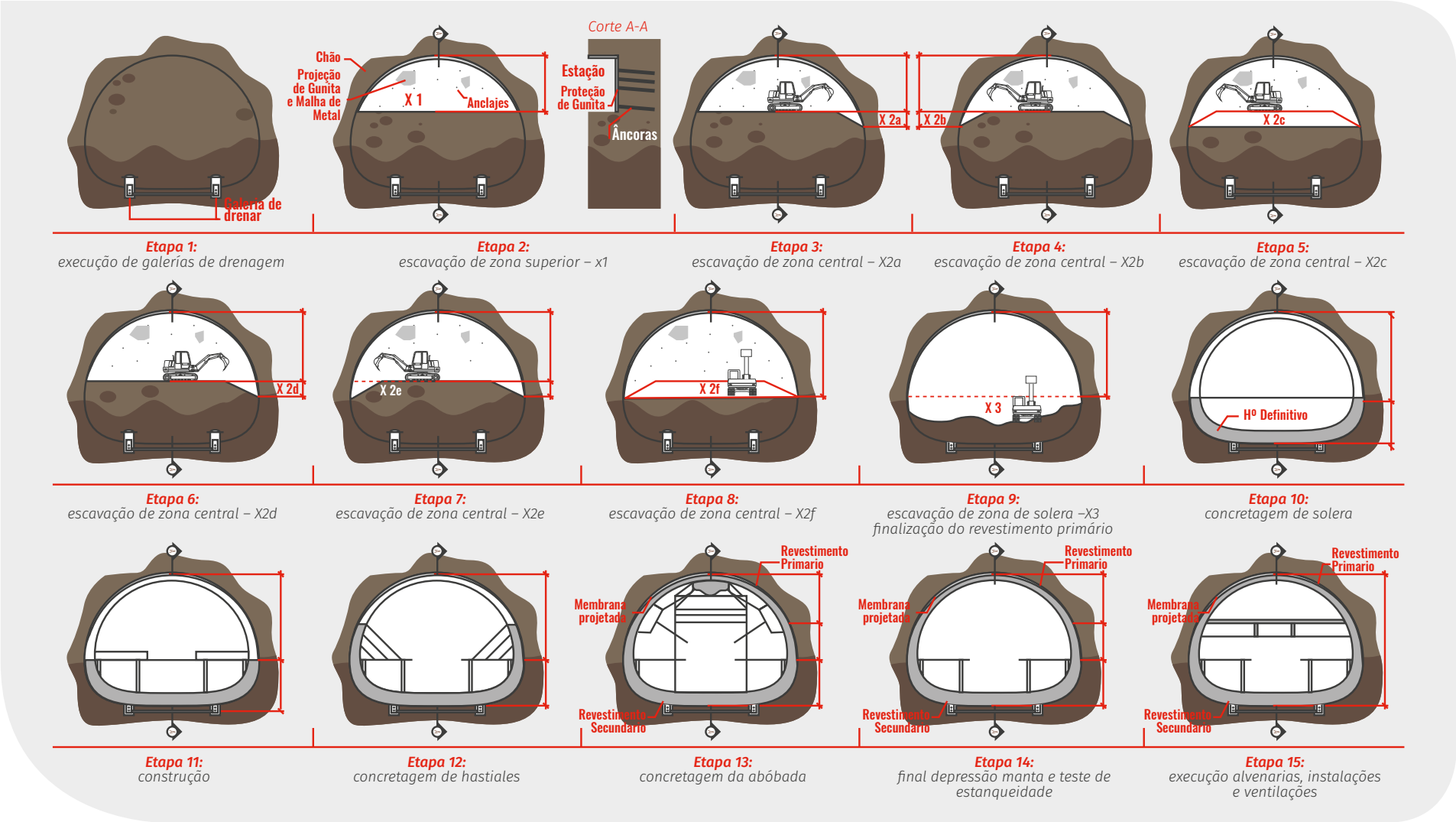
Contudo, várias de considerações devem ser levadas em conta:

- Utilizar esse procedimento em zonas com densidade muito alta de população, de trânsito e de interferências.
- Os acessos normalmente são estreitos nas calçadas, mas podem ser ampliados mediante o desenvolvimento em terrenos desapropriados.
- Os solos superiores de “tapada” devem ter um mínimo de 3 m de qualidade competente.
- Para a sustentação secundária (revestimento estrutural de concreto definitivo), considera-se que a carga de solo é completa pela possibilidade de que no futuro sejam construídas obras de serviços que conduzam ao corte do arco de solos, que esteja descarregado nas laterais no primeiro tempo de sua construção.
- No centro da abóbada e da estação, deve ser prevista uma passagem importante (10 m x 16 m) para o acesso de pessoas. Isso obriga a incorporação de grande densidade de armaduras de reforços de abóbadas que provocam os correspondentes inconvenientes no preenchimento do concreto e suas consequências na estanqueidade do setor. As injeções são muito frequentes.
- Pelo anterior, é possível deixar tubulações especiais imersas com buracos para realizar, em uma etapa posterior, as injeções com mais profundidade.

Assim, o resumo de etapas do método de construção de estações em caverna pode ser visualizado na Figura 5.35.

Figura 5.35

"Procedimento construtivo de caverna Linha F e Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.36

"Vista distante do escalonado de escavação com sustentação primária da Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.37

"Vista intermediária do escalonado de escavação com sustentação primária da Linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.4.2. *Interestações*

Conforme as considerações anteriores, o tipo de traçado de um STPST pode ser definido como em nível do solo (superficial), elevado (viaduto) ou subterrâneo, ou qualquer combinação desses três tipos.

5.4.2.1. *Plataformas ano nível do solo*

As vias coincidentes são construídas em plataformas no nível do solo, com terreno natural ou apenas levantado dele, mediante terraplanagens. Esse tipo de cimentação é adotado em zonas sem população e com pouco trânsito viário.

Essas são as construções mais econômicas e recomendadas para lugares fora das zonas urbanas e que não interrompam o trânsito de veículos, em áreas sem população e sem possibilidades de crescimento conforme os instrumentos de regulação ou os planos de ordenamento territorial.

Figura 5.38

"Plataformas no nível do solo - Interestação Los Presidentes – Quilín de linha 4 do Metrô de Santiago"

Fonte: Metrô de Santiago.

Por exemplo, a cidade de Buenos Aires conta com uma rede ferroviária de mais de 100 anos, unindo zonas de grande densidade da população com o centro. No início, os trajetos intermediários eram pouco habitados e de baixo trânsito de automóveis. Hoje, ambas as variáveis têm aumentado consideravelmente, gerando barreiras para as pessoas e os veículos.

Por essa razão, foi proposto, em construção subterrânea, túneis abaixo do mesmo traçado de trilhos, para diminuir o impacto em cruzamentos no mesmo nível e permitir o aumento das frequências ferroviárias soterradas.

Também, a eliminação das vias ferroviárias no nível do solo está sendo analisada, e assim construir zonas verdes com alto valor urbanístico e o redesenho da cidade.

5.4.2.2. ***Viaduto***

Embora a declaração anterior, é preciso reconhecer que em zonas de densidade de população baixa ou média ou em locais onde as condições do solo são muito pouco competentes é possível optar por um transporte ferroviário em viaduto.

O nível de vias deve ser em altura, de forma tal que a estrutura que o sustenta permita a livre passagem de trânsito veicular por debaixo. Por exemplo, para o Mercosul é exigido um gabarito de altura livre de 5,10 m.

Estes viadutos se baseiam em construções de:

- FFundações de colunas (estacas, sapatas, etc.)
- Colunas
- Cabeçotes
- Vigas transversais e/ou mísulas em correspondência com colunas, para apoio de vigas longitudinais ou segmentos
- Vigas longitudinais entre colunas, ou segmentos, em geral pré-moldadas, onde o sistema ferroviário é apoiado

A construção de viadutos geralmente implica menor tempo e custo em relação a qualquer edificação em túnel. Somente devem ser levadas em conta as interferências subterrâneas onde as estacas ou as fundações das colunas são implantadas.

Enquanto à seção de uma interestação em viaduto, destaca-se o monotrilho, de uma via, e o bidirecional, de duas vias. Neste último caso, a superestrutura pode ser de vários tipos, tais como:

- Vigas mestres e lajes pós-tensão
- Vigas longitudinais (tipo ponte)
- Segmentos em 2 U
- Segmentos em U

Em zonas de terrenos pouco competentes, e/ou em urbes com recursos limitados, a construção de viadutos elevados é útil para manter o uso do solo no nível de terreno natural. Assim, para zonas de densidade média, recomenda-se que tenham terrenos livres (com pouca ou nula existência de edificações urbanas em seu traçado), que não sejam afetadas enquanto à imagem urbana que projetará. As estacas podem tornar-se "barreiras visuais" imponentes e pouco harmônicas.

Em relação à vantagem do tempo, os viadutos são obras de muito rápida execução, sempre que o trabalho for realizado com fundações indiretas (estacas e cabeçotes), com colunas com mísulas e contra mísulas, e com viadutos pré-moldados. Junto com isso, é importante detectar e estabelecer corretamente as transições onde se deve trabalhar em trincheiras ou com taludes de terra, onde as "barreiras visuais" e de deslocamento são maiores.

Figura 5.39

"Finalização da montagem de segmentos do viaduto elevado (frente centro) da linha 4 do Metrô de Santiago"

Fonte: Metrô de Santiago.

O projeto de linhas em superfície responde a numerosas variáveis que devem ser resolvidas no Projeto Básico e no Projeto Executivo. A seguir, como exemplo, apresentam-se as principais considerações nos critérios de projeto para o viaduto da Linha 4 do Metrô de Santiago[12].

12 Relatório do Metrô de Santiago. (s.f.). Engenharia de detalhe de obras civís. Projeto 1: ***Trecho B-C. Obras civís viaduto Linha 4***. Santiago, Chile.

a) *Critérios de desenho estrutural – viaduto*

Os elementos centrais correspondem ao desenho da superestrutura, da infraestrutura e da mecânica de solos.

a.1) *Superestrutura:*

É conformada por trechos de diferentes longitudes. Os trechos estão formados por segmentos pré-fabricados (de coluna e trechos), montados *in-situ* por pós-tensão longitudinal e transversal dos blocos de colunas.

Os elementos indispensáveis a serem considerados são:

- Geometria em reta (R ≥ 2500 m)
- Geometria em curvas (R = 388,15 m)
- Cargas:
  - Permanentes e do trem
  - De serviço sobre as vias de evacuação
  - Horizontais dos veículos
  - Interação trilho/estrutura
  - Cargas de vento
- Materialidade (concreto protendido, aço para protenção, aço passivo)
- Combinação de carga
- Verificação de tensões de protenção conforme AASHTO 9.15.2.2
- Deslocamento pela ação das cargas vivas:
  - Deflexão e aceleração vertical
  - Resistência a torção
  - Deslocamento horizontal devido à carga vertical
- Análise dinâmica do painel com as cargas vivas
- Gabaritos

a.2) *Infraestrutura*

É formada por i) colunas circulares ocas; ii) capiteis de estações e interestações; e iii) fundações (tipo pilha de secção retangular e tipo sapata). Sobre o ii), uma viga transversal pós- tensão deverá ser desenhada, a qual vai receber a viga de aço abaixo da plataforma, no trecho da estação elevada.

Para o projeto da infraestrutura, a definição de parâmetros básicos é necessária, tais como:

- Longitude de trechos (vãos) de interestação
- Longitudes de trechos de estação
- Raios de curvatura mínimos em viaduto
- Altura de viaduto (a cota trilho)
- Forma geométrica de colunas
- Tipologia de capiteis
- Tipologia de fundações

a.3) *Mecânica de solos*

Tanto os antecedentes geotécnicos necessários para o desenho das fundações, quanto aqueles a serem utilizados nos modelos de elementos finitos (valores de coeficiente de lastro), devem ser previamente definidos nos relatórios de mecânica de solos, visando definir os tipos de fundações (por exemplo: "tipo pila", tipo sapata).

5.4.2.3. ***Túneis***

Nas zonas com densidade de população muito alta, onde também está densamente construído e o transporte público está colapsado, a única possibilidade de procedimento construtivo é o túnel.

A questão principal que se deve entender é que o estado do solo deve permitir esse tipo de construção, tanto com métodos manuais, como mecânicos, que não afetem as edificações existentes, e que estejam coordenados com elas (existentes e futuras).

Em zonas de alta densidade de população e de construção, a proposta de obras subterrâneas é imprescindível, para evitar a interação com o trânsito veicular, o impacto visual na urbanização, e para chegar a um transporte rápido e eficiente de milhões de pessoas diariamente. A grande vantagem é a livre circulação, sem o cruzamento com outro modo de mobilidade e tampouco com a circulação de pessoas.

Para esse tipo de sistema construtivo deve-se ter em mente:

- Amplo conhecimento das características do solo, como sua geologia
- Estudo exaustivo e acabado das instalações de infraestrutura urbanas subterrâneas presentes e futuras
- Vasta noção das fundações dos prédios existentes
- Condicionamento de construções futuras
- Conhecimento de áreas arqueológicas e paleontológicas
- Aproveitamento do conhecimento obtido a partir de construções similares na zona e no exterior em situações similares

5.4.2.3.1. *Procedimentos manuais (sem tuneladora)*

Para os procedimentos de construção manual sem tuneladora, existem diferentes métodos:

a) *Austríaco Modificado*

a) *Alemão*

a) *Belga*

Estes métodos são denominados "manuais", porque não utilizam a tuneladora. Porém, são construídos utilizando maquinaria pesada e leve. Essas ferramentas podem ser pás mecânicas, escavadeiras, martelos, pneus, máquina fresadora, caminhões basculantes.

a) *Método Austríaco Modificado*

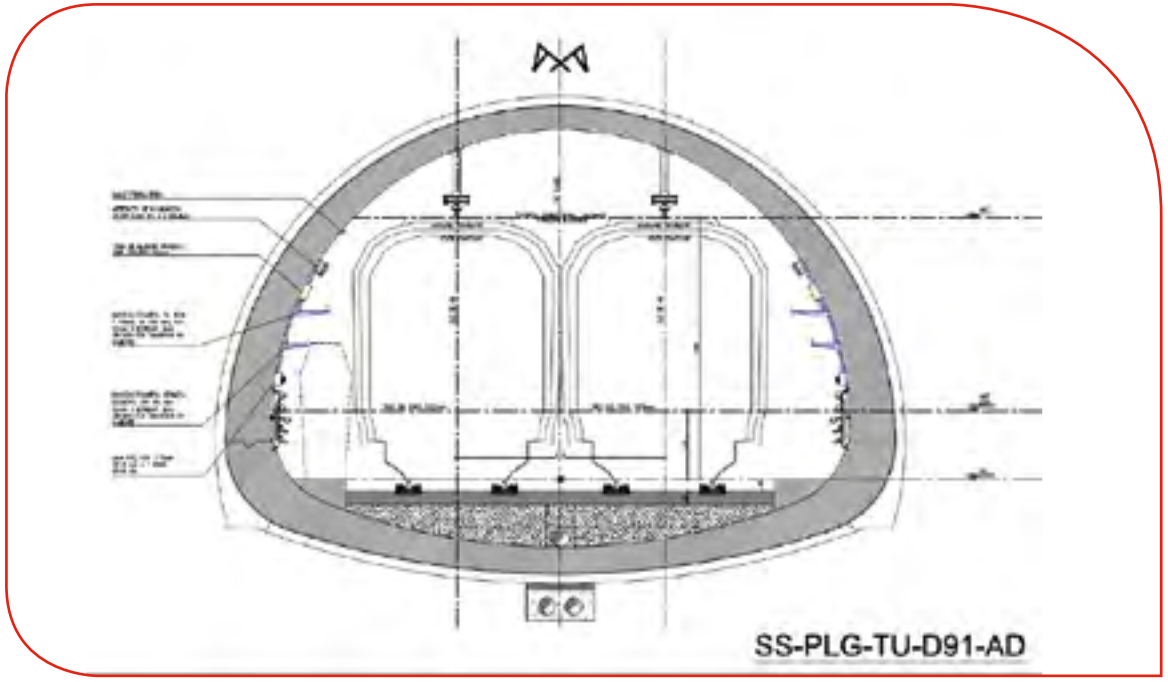
Uma seção comum de túnel acabado com esse método é mostrada na figura a seguir:

Este método é o mais tipicamente utilizado na cidade de Buenos Aires, Argentina, e consiste no máximo aproveitamento da capacidade de resistência do solo.

Assim, avança-se em frente semi completo, de 1 m a 2 m, de acordo com a capacidade da frente do solo e de sua "tapada".

Figura 5.40

"Forma do túnel de duas vias com as previsões de instalações necessárias no traçado do túnel. Secção típica ST2. Método Austríaco Modificado na futura Linha F do Subterrâneos de Buenos Aires"



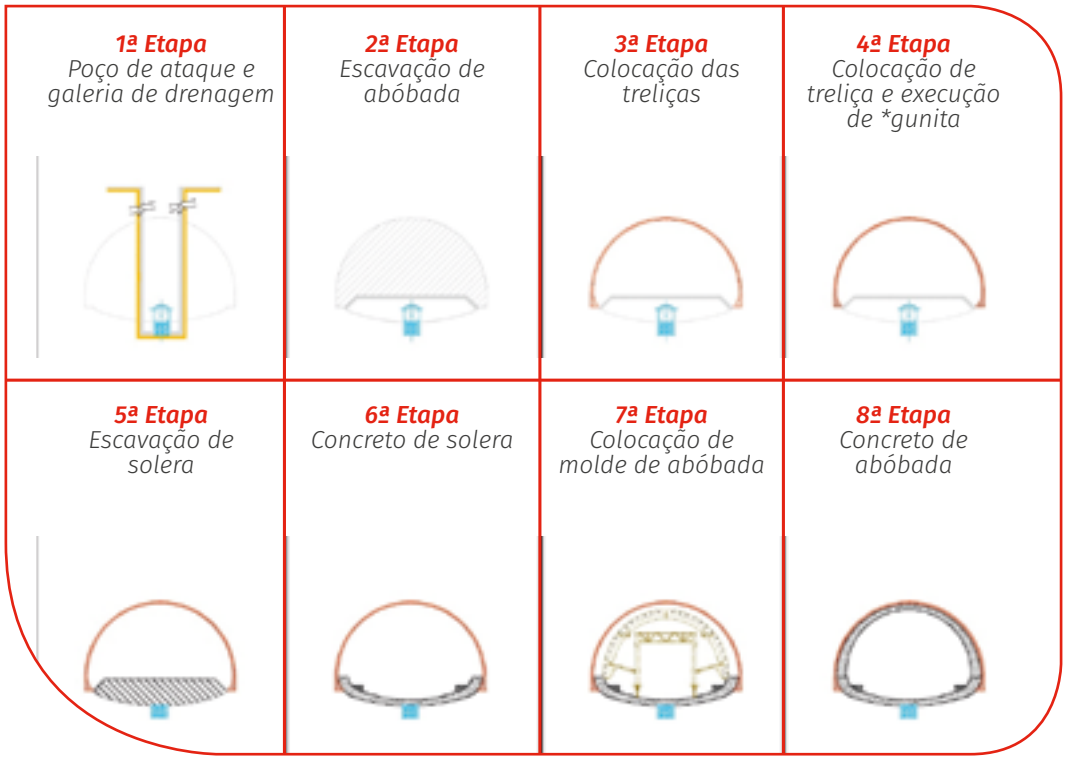
Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

A escavação é com escavadeira, enquanto que o primário resistente é com projetado de concreto de alta resistência inicial, com treliças metálicas. Logo, escava-se a soleira, é armada e concretada, para depois embutir o molde e voltar a concretar o telhado lateral e a abóbada do túnel desde abaixo. É conveniente manter a forma circular, para evitar o posicionamento de armaduras, controlar o concreto, e atingir sua menor figuração. As junções de concretagem são a cada 3 m a 4 m.

As etapas deste método são mostradas di figura 5.41:

Figura 5.41

"Metodologia construtiva de túnel de duas vias com o modelo Austríaco Modificado, linha H Norte do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.42

"Corte de etapa construtiva de túnel de duas vias com o Método Austríaco Modificado, linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Para esse tipo de construção, é necessário levar em conta a saída e a entrada de materiais, entre os quais se encontra a extração do material de escavação.

b) *Método Alemão*

O Método Alemão se baseia em reduzir a seção de escavação aberta ao máximo, concretando a zona de intervenção da forma mais rápida possível. Dessa forma, o tempo em que está carregando a sustentação é minimizado e, em consequência, as deformações são controladas.

Figura 5.43

"Concretagem de abóbada com o Método Austríaco Modificado, linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"

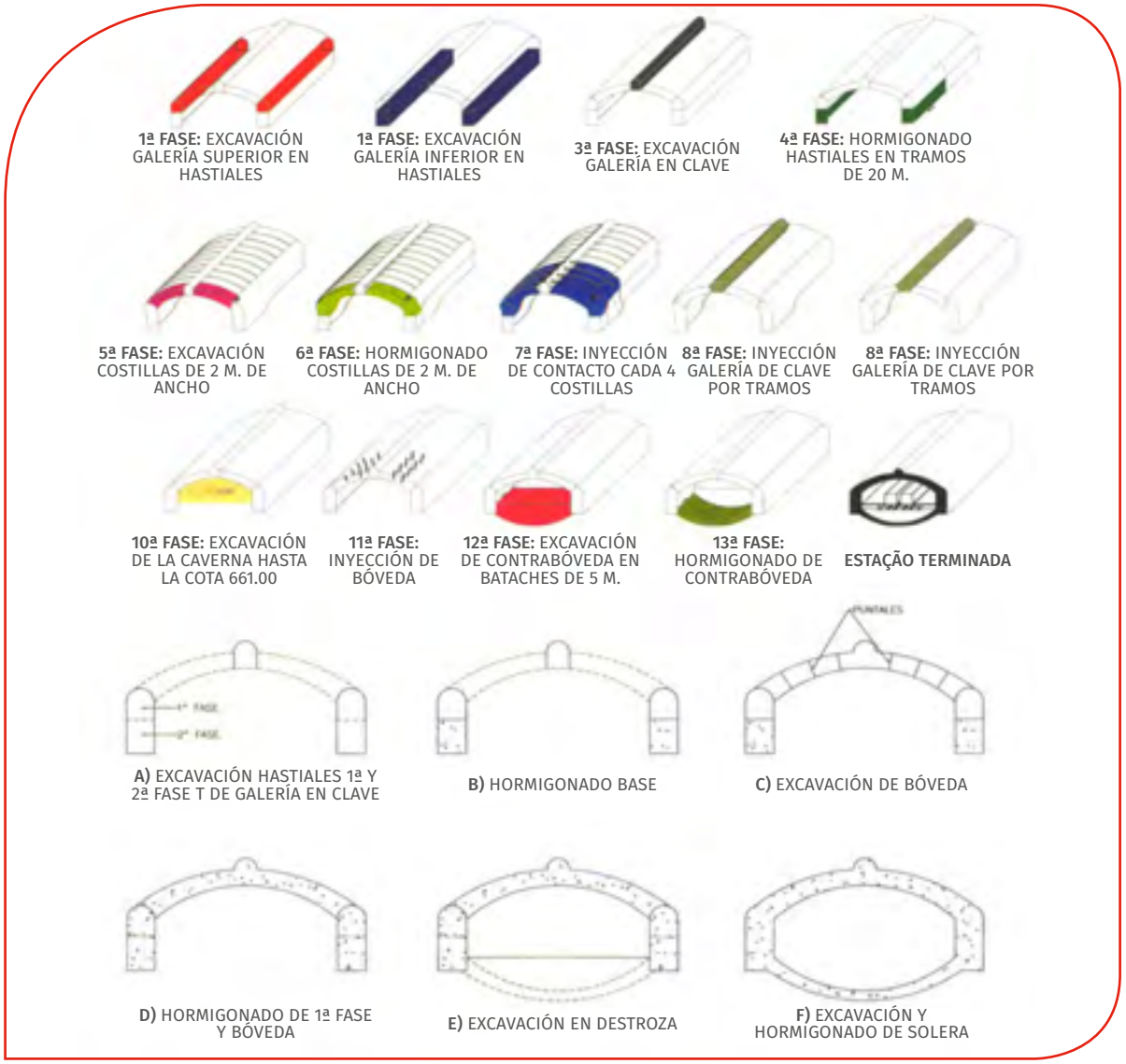
Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

As fases de execução são as seguintes:

- Escavação das galerias em revestimentos ou suportes ou muros e fechamento
- Concretagem da semi seção do revestimento.
- Escavação e concretagem das galerias transversais de abóbada, bem como do fechamento e metade superior do revestimento ou suporte
- Escavação no esvaziamento do interior da seção
- Execução da laje de fundo por trechos

Figura 5.44

"Fases construtivas do Método Alemão"



Fonte: Metrô de Madri.

Esse método consiste na execução dos suportes em primeiro lugar. A abóbada é executada apoiada neles, para finalizar com a escavação central e a laje de fundo. Isto é, a escavação é iniciada mediante duas galerias nos suportes do revestimento. A seguir, escava-se uma galeria "em clave" e seu alargamento, concretado a abóbada que fica bem apoiada nos suportes. Finalmente, escava-se o centro da seção.

Este método normalmente é utilizado quando o Método Belga não é válido, devido a que os painéis do terreno, localizados nos suportes, não suportam a carga da abóbada, seja pela grande luz dela ou pela qualidade média do terreno. O fato de ter três galerias em vez de uma, exige um prazo e um custo maior que o Modelo Belga.

Execução das galerias laterais

O ataque é iniciado desde um poço, túnel ou rampa de acesso, mediante a abertura de duas galerias laterais, que serão os suportes da escavação, e uma galeria na chave (2,00 x 1,50 m) do futuro túnel ou estação.

A escavação das galerias de suportes normalmente é dividida em duas fases: em primeiro lugar, são executadas as superiores e, a seguir, as galerias inferiores. Da mesma forma, sua estrutura geralmente é formada de suportes retos (2,50 m x 2,50 m) com a parte superior abobadada.

Essas galerias são escavadas até o final e sustentadas por treliças de vigas metálicas de secção TH e escoramento de madeira, similar ao utilizado no Método Belga.

Em túneis curtos, o concreto dos suportes pode chegar a tornar as galerias feitas inicialmente completamente maciças, devendo ser concretadas em retirada, após a finalização da escavação de toda a longitude. Isso obriga à leve extensão do prazo, e tem a vantagem de reduzir o tamanho dessas galerias ao mínimo necessário. Nas escavações altas ou esbeltas, o corredor de cada suporte deve ser descomposto em dois (ou mais) sucessivos, cada um por cima do anterior, para completar a parte vertical do revestimento, antes de proceder à perfuração da zona da abóbada.

Nas Figuras 5.44 e 5.45 são mostrados os túneis da Estrada M-40 abaixo do morro El Pardo, em Madri, Espanha, que estão configurados como um caso especial de uso do Método Alemão, pois aparece

Figuras 5.45

"Escavação de túneis na linha 4 do Metrô de Santiago"

Fonte: ALAMYS.

em combinação com o Novo Método Austríaco para sustentação das galerias e do pré-cortado mecânico para a execução de uma pré-abóbada.

A geometria das galerias é especial (dimensões de 6,50 m x 7,50 m), com a parte superior do suporte interior plana, para que o apoio da pré-abóbada seja em um plano perpendicular ao suporte. Estas galerias laterais, além disso, possuem dimensões importantes para permitir sua mecanização. Enquanto a sua escavação, foi realizada com escavadeira I.T.C.

Concretagem da semi seção do suporte

Desde o fundo das galerias laterais procede-se à escavação e concretagem da semi seção do suporte, mediante poços de 2,50 m de profundidade e 5 m de longitude, prosseguindo até o início das galerias.

Escavação e concretagem da abóbada e dos suportes

A partir de cada uma das galerias de suportes, circulando sobre a seção concretada, é realizada uma galeria transversal, com a forma da diretriz da abóbada da caverna que conecta com a "galeria de clave" e de uma dimensão de 2 a 3 m de comprimento e 1,50 m de altura. A sustentação desta galeria transversal é composta de longarinas metálicas e tábuas.

Quando a galeria transversal é finalizada e a partir da "galeria de clave", procede-se à concretagem dessas "costelas" laterais, junto com a semi seção das galerias de suportes e a própria "galeria de clave".

Sucessivamente, desde o fundo da escavação e até o início, as galerias transversais são perfuradas e concretadas, até que a estrutura da abóbada e os suportes da caverna sejam completamente enterrados.

Escavação da caverna e concretagem da laje de fundo

Quando as travessas estão finalizadas, procede-se a escavar a caverna a partir do próprio túnel e a realizar a laje de fundo por trechos de 10 a 20 m de longitude, obtendo-se uma obra subterrânea de 12 a 20 m de luz, sem a necessidade de realizar escavações de galerias superiores a 3 m de luz.

c) *Método Belga*

O Método Belga, ou Método Tradicional de Madri, é um sistema construtivo de túneis com o escoramento integral para terrenos moles (solos) de estabilidade baixa, os quais não permitem manter áreas desguarnecidas após sua escavação. Esse é o caso da obra que está sendo estudada, na qual o maciço a ser escavado consiste em camadas de areias de miga, areias tosquizas, aglomerados arenosos, com ou sem nível de água.

Em resumo, esse tipo de construção consiste na escavação da parte alta da abóbada em pequenos trechos, como primeira fase e posterior escavação central, dos suportes e da laje de fundo.

A filosofia do método baseia-se na execução de pequenas escavações, que imediatamente vão se escorando e ao mesmo tempo abrindo, de tal forma que permanecem abertas durante um tempo muito curto. Assim, evitam-se as mudanças da umidade e da coesão, as quais podem conduzir a uma redistribuição de tensões que ocasionem o colapso do terreno. Quando cada fase de escavação for finalizada, procede-se imediatamente a sua concretagem.

O processo é formado por várias fases que vão sendo realizadas sucessivamente, construindo primeiramente a seção superior média e, posteriormente, o restante. As fases, que são visualizadas na figura 5.46, são:

c.1) *Secção de avanço: abóbada*

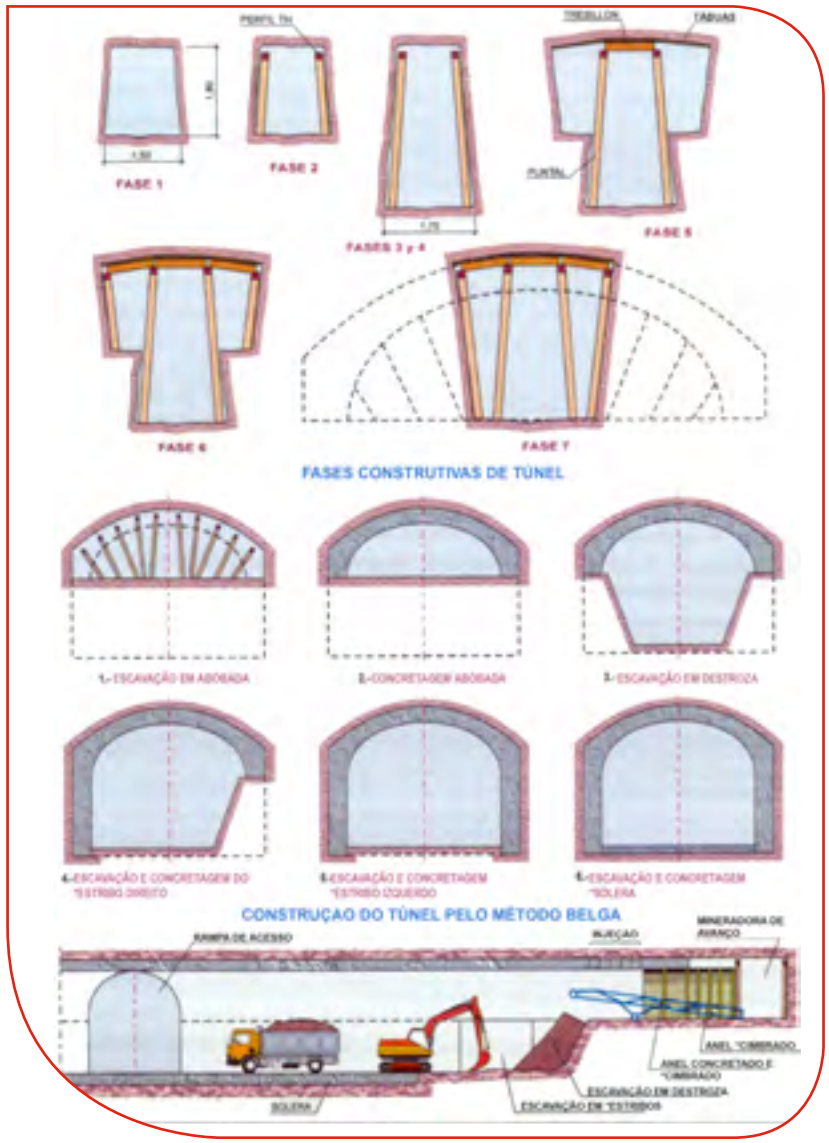
c.2) *Escavação central*

c.3) *Suportes*

c.4) *Soleira ou laje de fundo*

Figura 5.46

"Fases construtivas da abóbada"



Fonte: Metrô de Madri.

c.1) *Seção de avanço: abóbada*

A escavação se inicia na galeria central de avanço ou "mineradora". É a parte mais difícil de ser perfurada, e somente cabe um operário escavando e um ajudante trabalhando com a pá no terreno. Na prática, e quando o terreno assim o permite (estabilidade, presença de água), procura-se o alargamento nas laterais, antes de chegar ao final da escavação da galeria de avanço em questão.

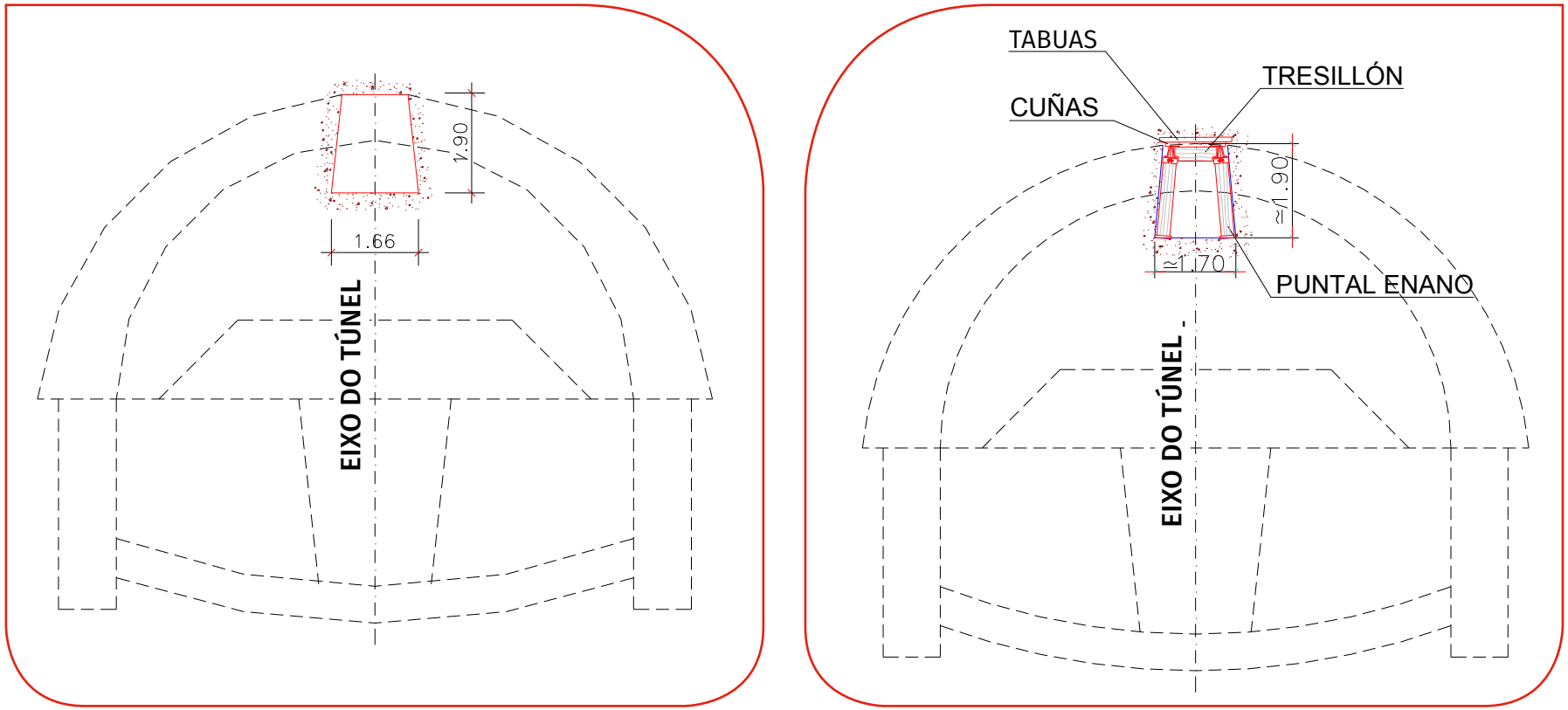
Quando a galeria de avanço está executada, as sucessivas fases de alargamento lateral são realizadas, concluindo com os apoios extremos da abóbada. Toda a escavação é realizada manualmente.

As dimensões do avanço devem permitir a concretagem completa da abóbada, o acesso, e a passagem dos pedestres, com a condição de que seja o menor possível, com o objetivo de que o trabalho de escavação manual seja mínimo.

A remoção de escombros da frente é realizada mediante uma pequena esteira transportadora, alimentada com trabalho manual com pá, sendo de fácil deslocamento e que chega a descarregar em outra esteira transportadora maior. Essa última transporta o material até o desnível que marca a escavação. O material é permanentemente retirado do "montão" pela escavadeira, sendo armazenado na laje de fundo através da esteira. Os

Figuras 5.47 e 5.48

"Fase Inicial", "Fixação fase inicial"



Fonte: Metrô de Madri.

materiais são transportados a vertedouro em caminhões, carregados diretamente por meio da esteira, ou por meio de uma tremonha.

O ritmo de trabalho é regulado por esta primeira fase, não devendo ser restrito por nenhuma outra operação.

O acesso à frente e à área de retiro de escombros pode ser de duas formas: pelo poço e pela rampa. A primeira é definitivamente melhor e mais aconselhável que a segunda, embora seu único inconveniente seja a maior ocupação de terreno. A limpeza não deve interferir no andamento da escavação do túnel.

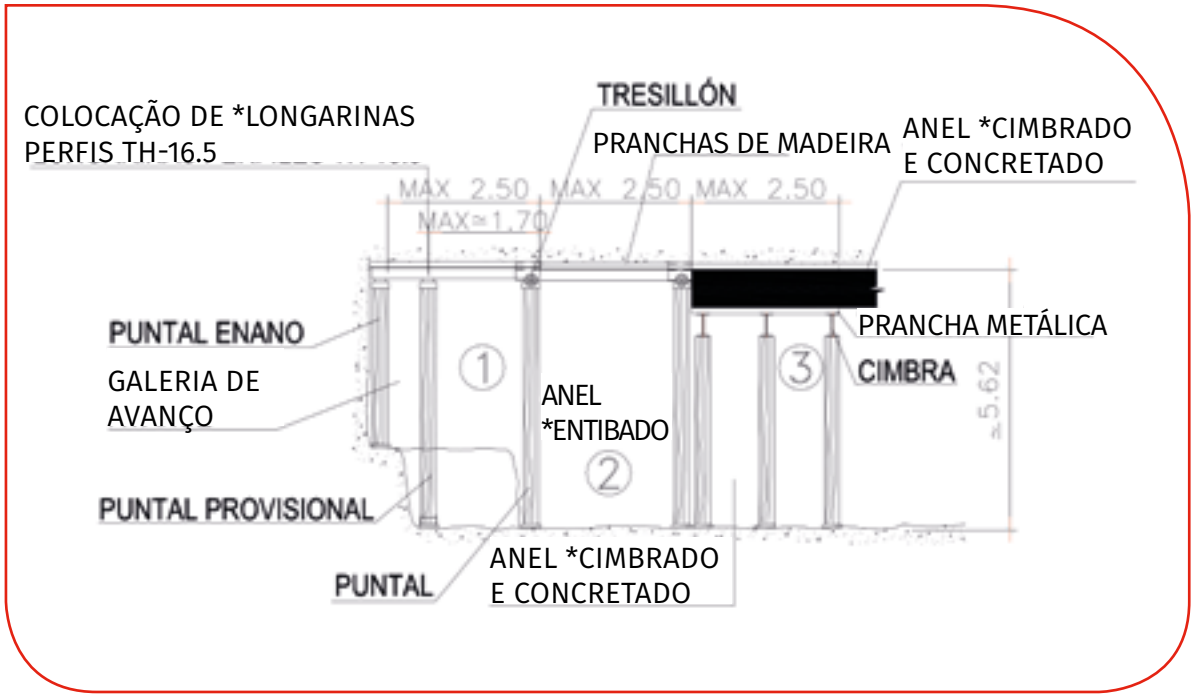
No caso da extração pelo poço, tudo é descarregado através de um veículo *dumper*, em pequenos containers ou carrinhos erguidos por guindastes, por bloco de polias ou *skip*, sendo preferível este último.

A mineradora de avanço, ao mesmo tempo, inicia-se com a escavação de uma galeria de apenas 1 m de largura no eixo do túnel e na "clave" da secção, com escoramento contínuo com tábua de eucalipto de 1,50 m de comprimento por 0,25 m de largura 0,025 m de espessura. As tábuas vão sendo colocadas na medida em que a perfuração avança e apoiadas no próprio terreno forrando a parte superior da mineradora, o que supõe uma alteração mínima do terreno.

Quando a pedreira em toda sua longitude do avanço (entre 1,50 m e 2,50 m conforme o terreno) é concluída, colocam-se as longarinas: perfis metálicos TH que servirão como apoio para as tábuas, que são colocadas longitudinalmente ao túnel e separados por um metro.

Figura 5.49

"Mineradora de avanço: processo de escavação da galeria"



Fonte: Metrô de Madri.

Entre as tábuas e a longarina colocam-se umas pranchas de madeira fazendo um aparente apoio, de tal forma que, separando-as com "calas" para deixar espaço suficiente para as tábuas, é possível localizar o escoramento nas passagens laterais seguintes. Esta prancha de madeira é chamada "falsa".

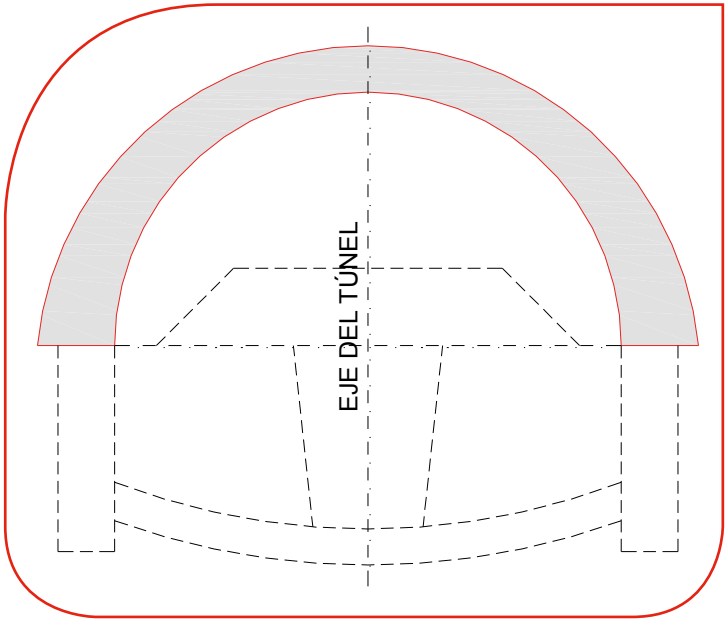
As longarinas têm de 3,0 a 3,5 m de extensão (em função da longitude de avanço), e são apoiadas em troncos retos e cilíndricos de álamo em seus extremos, enquanto que, no centro, se seguram de 1,50 m de altura inicial dentro da mineradora, e de 2,5 m na zona onde o alargamento foi realizado. Os elementos de separação ou "estampidores" são colocados entre as duas longarinas, chamados estroncas, que são de madeira.

Quando a mineradora de avanço é finalizada, se inicia a abertura da escavação nos seus dois lados, em passos, enumerando-se assim: primeiros, segundos, terceiros, etc., conforme vão se distanciando da mineradora de avanço.

A execução dos passos é realizada de forma análoga, passando as tábuas de escoramento através do "falso" e sendo cunhadas contra a longarina já colocada. No outro extremo, as tábuas são apoiadas no terreno até a finalização da escavação e o do primeiro passo, e a longarina seguinte é colocada com seu "falso", que permitirá também a passagem das tábuas do segundo passo e assim sucessivamente. Contudo, configura-se uma partição da seção, em seções de 3 m2 com uma sustentação unida transversalmente.

O túnel de via dupla normalmente é realizado com quatro passos de cada lado e, se o terreno for excepcionalmente bom, reduzem-se para três, embora as longarinas devam ser um pouco mais separadas. Com a finalidade de que os "pés direitos" não sejam cravados no terreno por conta da carga que lhes é transmitida, geralmente coloca-se uma ou várias "calas" de prancha de madeira como apoio. Da mesma forma, na cabeça instala-se uma peça de perfil TH para garantir o apoio da longarina.

Figura 5.50
"Tratamento do terreno"



Fonte: Metrô de Madri.

Imediatamente após a execução da escavação, procede-se à forma e concretagem da seção de abóbada para impedir a deformação do terreno, sendo o sistema de sustentação o encarregado de conter sua deformação instantânea. O escoramento contínuo permite o suporte das cargas transmitidas por terrenos soltos com potência, de até 1,5 m, impedindo a deformação gradual dos solos mais estáveis que puderem existir sobre eles.

O método contribui com grande versatilidade, pois os parâmetros básicos podem ser modificados para enfrentar qualquer imprevisto que puder ocorrer com o terreno:

- Largura do passo: 1 a 1,50 m
- Longitude de avanço: 1 a 2,50 m
- Densidade do escoramento e do pontaleteamento

Além destes parâmetros básicos modificáveis, no caso de forte instabilidade da frente de escavação (pela presença abundante de água, por exemplo), existe outro recurso: o tratamento do terreno.

Normalmente, a forma e a concretagem do avanço são realizadas pela mesma equipe que realizou a escavação. Por ficar a equipe superdimensionada, aproveita-se para realizar trabalhos de limpeza e preparação das atividades seguintes.

É necessário dispor de jogos de forma para três avanços na concretagem, realizando o desformamento quando já tem suficiente maturidade.

A forma pode ser metálica contínua, deslocada em carrinho, ou com base de treliças metálicas aparafusadas, que suportam chapas da forma.

A concretagem é realizada a partir da "clave" com o uso de bomba. A mangueira final da tubulação é conectada com uma alça fixa na forma, onde o dispositivo de conexão rápida é disposto, bem como a oportuna boca com talhadeira, com o objetivo de que, quando a mangueira for desconectada, a talhadeira se ative previamente para impedir a saída do concreto do molde.

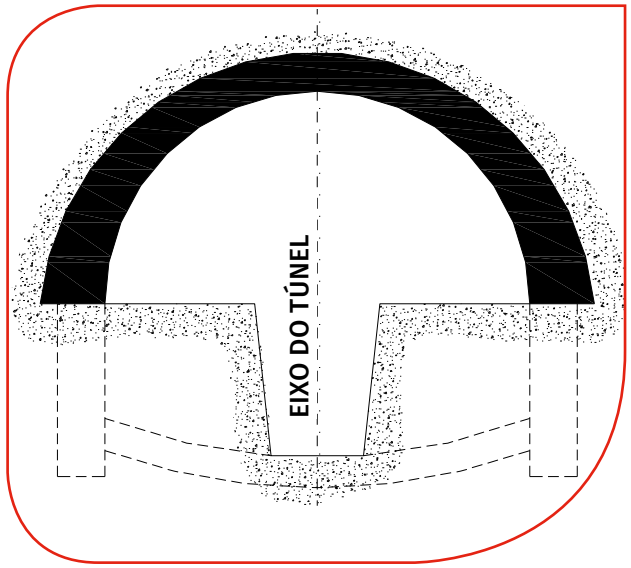
c.2) *Escavação central*

Quando a concretagem da abóbada é finalizada e com uma defasagem de uns 5 ou 6 anéis, inicia-se a escavação, que consiste na escavação de uma caixa central deixando um resguardo da ordem de 1 a 1,50 m nos suportes, para que os impulsos que a abóbada transmitir ao terreno, o qual serve de apoio, não formem planos de ruptura perigosos que possam gerar assentamentos e ruptura nela.

Esta operação é realizada com máquina escavadeira e, com ela também são retiradas as terras procedentes da construção da abóbada que é descarregada na escavação, por meio de uma ou várias esteiras de transporte.

Figura 5.51

"Escavação central"



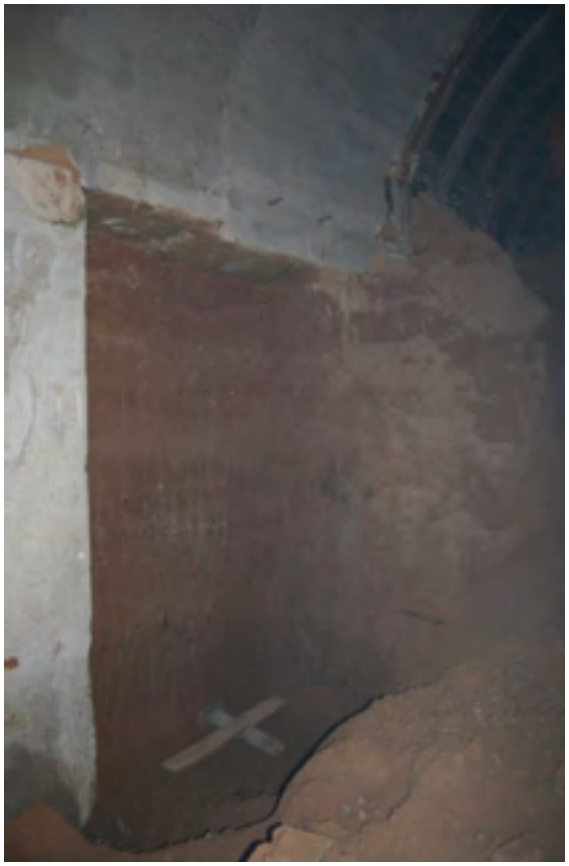
Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

c.3) *Suportes*

Quando a escavação é finalizada, serão executados os suportes por painéis ao ziguezague. Cada painel abrange dois semianéis, com o objetivo de não descalçar nenhum deles.

Sua escavação é realizada com a mesma máquina que a escavação central e posteriormente refinada de forma manual. O escoramento normalmente é leve e pouco coalhado.

Figura 5.52
"Suportes da linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Escavam-se módulos de 2,50 m, igual como os anéis, com duas precauções:

- A junção dos anéis deve cair aproximadamente no centro do painel, com a finalidade de não descalçar a abóbada completamente.
- Nunca são escavados dois painéis enfrentados ao mesmo tempo, pela razão anterior.

Esta operação, que parece ter pouca importância quando o terreno é bom, pode ficar complicada e chegar a ser uma das fases mais comprometidas quando existe abundância de água e o solo tem pouca coesão.

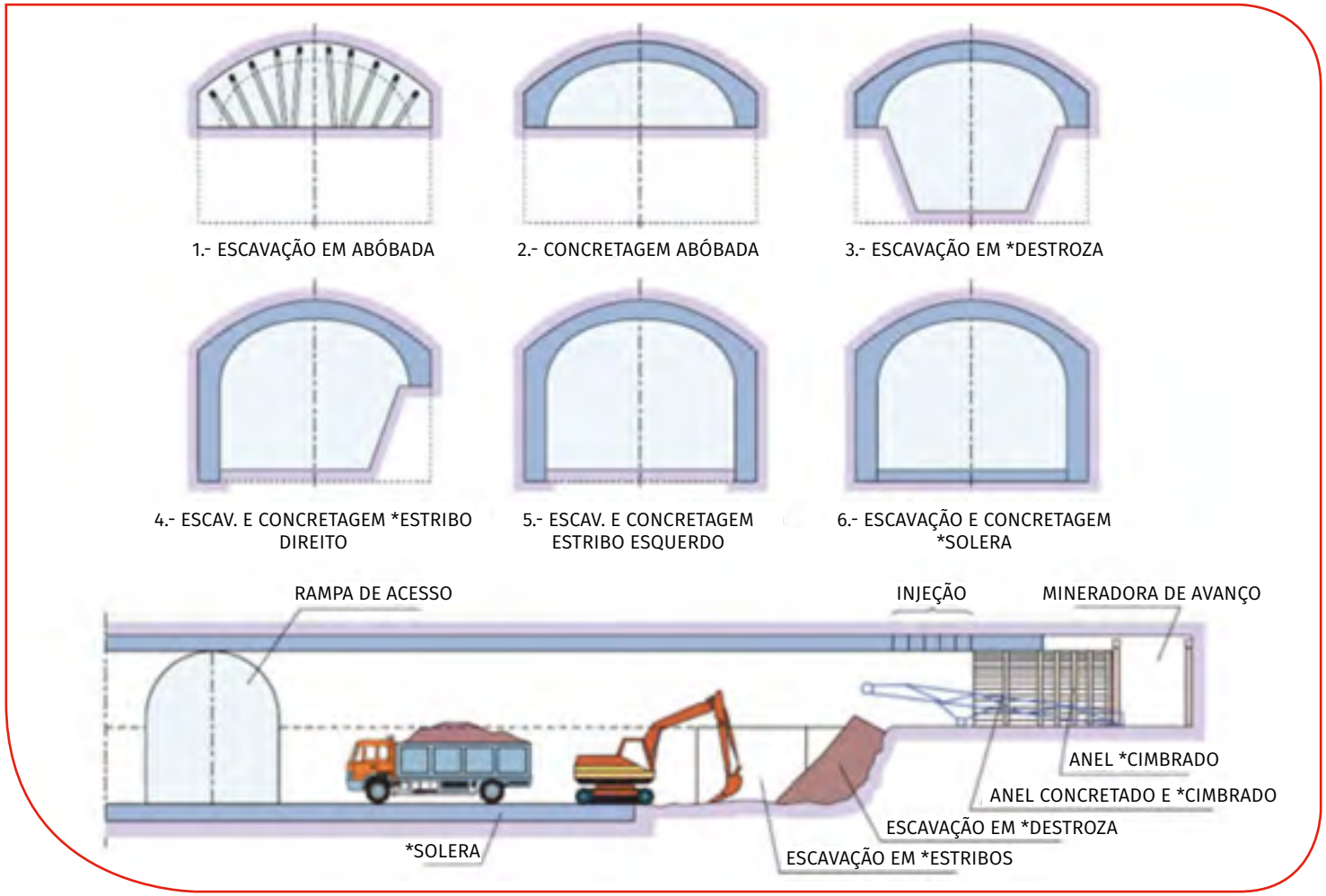
A seguir, e após a escavação, a armação é posicionada e coloca-se a forma a seguir. Ela, mediante módulos mecânicos, se segura na abóbada já concretada em sua parte superior, para o qual os elementos de amarração foram deixados previamente em seu concreto. Em sua parte inferior, se segura no terreno mediante "picas" cravadas nele.

Em altura média, é disposta uma janela para poder concretar a parte inferior do suporte, acompanhar visualmente o processo, e fazer a vibração manual, se fosse necessário, da parte inferior do suporte. Quando se chega com o concreto à janela, ela é fechada, e a mangueira de concretagem é conectada com uma pequena alavanca, que possui um dispositivo de conexão rápida, introduzindo o concreto nele.

Nos dois "nervos" da forma colocam-se vibradores de superfície para a compactação do concreto, especialmente nesta última fase, na qual não há acesso ao interior do painel.

Figura 5.53

"Fases de execução do Método Belga em linha H do Subterrâneos de Buenos Aires"



Fonte: Universitat Politécnica de Valencia en www.bing.com

c.4) *Soleira ou laje de fundo*

A escavação correspondente é realizada com máquina, em uma longitude de 10 a 15 m (cinco anéis) para aproveitar os finais de semana. Posteriormente concreta-se com molduras, para conseguir a forma da seção tipo, em toda a luz ou por metades. Quando o terreno apresenta grande quantidade de água, recorre-se a valas ou poços de drenagem.

5.4.2.3.2. ***Método cut & cover com muro colado ou estacas***

O procedimento mais utilizado em zona urbana, para execução de escavações entre paredes diafragmas é o *cut and cover*. Consiste em realizar as paredes diafragmas laterais (muro colado ou estacas) do túnel. Posteriormente, concretar a laje superior e, finalmente, escavar embaixo dela. Nas construções urbanas, o processo tem uma vantagem fundamental: permitir a restituição do trânsito na superfície, enquanto os trabalhos continuam no interior.

i) ***Construção de paredes diafragmas***

Normalmente as paredes diafragmas são de até 1,20 m de espessura, e as profundidades variam entre 10 m e 30 m aproximadamente. O processo de execução é o seguinte:

- Construção de duas muretas guia (mínimo 0,3 m por 0,5 m) que limitem o perímetro da parede diafragma. A mureta tem a dupla missão de guiar a concha de escavação da parede e proteger o vértice da escavação, que é a zona mais precária.
- Escavação de um painel, suportando a pressão nas paredes com lama. A longitude do painel oscila entre 2,5 m e 5 m, que será função da estabilidade das paredes. Para terrenos com risco de instabilidade, é conveniente reduzir a dimensão dos painéis ao gabarito da concha de escavação da parede, 2,5 m. Outro fator que favorece a estabilidade das paredes é a agitação da lama, que se torna imprescindível quando a concretagem do painel não vai ser imediatamente realizada.
- Colocação de sendas juntas nos extremos do painel. A estanqueidade entre os painéis é encomendada à junta disposta entre eles, configurando-se como o elemento básico para o correto funcionamento da estrutura, e também uma descontinuidade na qual deve ser colocada especial atenção.
- Introdução da armadura no painel, que deve ficar pendurada e não apoiada no fundo. Ela deve ser dimensionada para os sucessivos estados de carga que a parede deve suportar, nas diferentes fases da construção. Cabe destacar que a colocação de enrijecedores deve ser prevista, atendendo fundamentalmente ao processo do seu transporte, do içamento e de sua colocação no interior dos painéis. Por último, indicar que os revestimentos são superiores aos habituais, pela imprecisão quando a armadura é colocada dentro da parede desde a superfície e pela irregularidade do terreno após a escavação, sendo frequente o emprego de separadores de 8 a 10 cm.
- Concretagem do painel de baixo para cima com tubo embutido. As condições da concretagem obrigam ao uso de misturas não habituais, utilizando-se água/cimento (0,6) em dosagens de cimento por cima dos 300 kg/m3, com cone superior a 18 cm, e o diâmetro máximo do árido inferior a 25 mm. A missão do emprego do tubo na concretagem é, em primeiro lugar, evitar a segregação dos seus componentes e, em segundo lugar, arrastar as lamas e os detritos que tenham ficado no interior da escavação para cima.
- Extração das juntas quando o concreto atingir a resistência suficiente, com a precaução de que as juntas não fiquem aderidas no concreto.
- Repetição do processo nos painéis seguintes.
- Escoramento das cabeças de todos os painéis da parede diafragma que ficaram com as esperas de armadura preparadas para essa finalidade, mediante um “viga-riostra” longitudinal que “solidariza” todos eles. Deve-se ter precaução de romper para sanear o concreto da parte superior das paredes diafragmas.

ii) ***Execução de uma laje de coberta***

Apoia-se nas paredes diafragmas e constitui o encerramento do "cajón" em sua parte superior. Muitas vezes, o cálculo da laje já considera a "viga riostra" em seus extremos para o escoramento em cabeça das paredes diafragmas, com o qual estas duas funções são realizadas em somente uma concretagem.

Continuando, a esplanada é aproveitada como coberta contra o terreno, usando uma forma plana. No caso do "paramento" ser visualizado, ele vai ser formado por colocação de tábuas. Se não vai ser visto, como é o caso habitual em túneis, se obtém resultados mais satisfatórios, colocando uma capa de argamassa de regularização, nivelação no terreno, sobre a qual a laje superior da estrutura é concretada, com a precaução de ter desdobrado um plástico para cobrir a argamassa e evitar sua aderência no concreto.

iii) ***Recheio e restituição da superfície***

É uma das principais vantagens deste método em construções localizadas em terreno urbano, pois permite a restituição do uso normal em superfície sem a necessidade de esperar a finalização da obra por completo, pois é possível continuar trabalhando simultaneamente embaixo da laje.

iv) ***Escavação entre paredes diafragmas***

A escavação do terreno é realizada embaixo da laje superior, levando em conta paralelamente aqueles processos que podem resultar conflituosos:

- **Apoios intermediários:** no início do esvaziamento, a parede diafragma solicitada pelos empuxos do terreno começa a trabalhar como mísula. Quando vai se aprofundando, o momento máximo cresce com o cubo da profundidade, e é preciso contar com apoios que modifiquem a forma de trabalho da peça estruturalmente, realizando o cálculo da parede diafragma considerando os estados sucessivos de carga. Normalmente, para conseguir os apoios intermédios, recorre-se aos pontaletes metálicos e à execução de ancoragens tensionadas no terreno, sendo, usualmente, provisórios, até a finalização da cimentação (em construções urbanas, com prédios muito próximos, é possível que não exista a possibilidade de colocar ancoragens). Se a estrutura definitiva é formada de várias plantas ou níveis, serão as lajes destas plantas que servirão como apoios intermediários para as paredes diafragmas. No caso de estruturas com grande altura livre, caso típico de estações ou intercambiadores de transporte, costuma-se recorrer à colocação de estroncas em altura média, que suportam as paredes diafragmas contrariamente das que estão localizadas na frente.
- **Presença de água:** a construção das paredes do local, a menos que sejam embutidos em um nível impermeável, não impede a passagem da água embaixo do fundo da parede e, por tanto, a construção definitiva deve prever algum procedimento para suportar as subpressões ou, reduzi-las. O mais habitual geralmente é a construção de uma laje de fundo. Para a construção da laje de fundo há duas possibilidades:
  - ***Depressão provisional do nível freático mediante well-point,*** ou com galerias de drenagem contínua e longitudinal. A utilização deste procedimento em solo urbano deve ser realizada com cuidado, pois poderia produzir assentos na superfície que afetariam os prédios adjacentes.
  - ***Criação de uma camada impermeável mediante injeções.*** Atualmente, é uma solução bastante utilizada e quase sempre, com o uso da técnica do *jet-grouting*.

v) ***Execução da laje de fundo***

A escavação da última etapa do terreno realiza a concretagem da laje de fundação que "fecha" a estrutura.

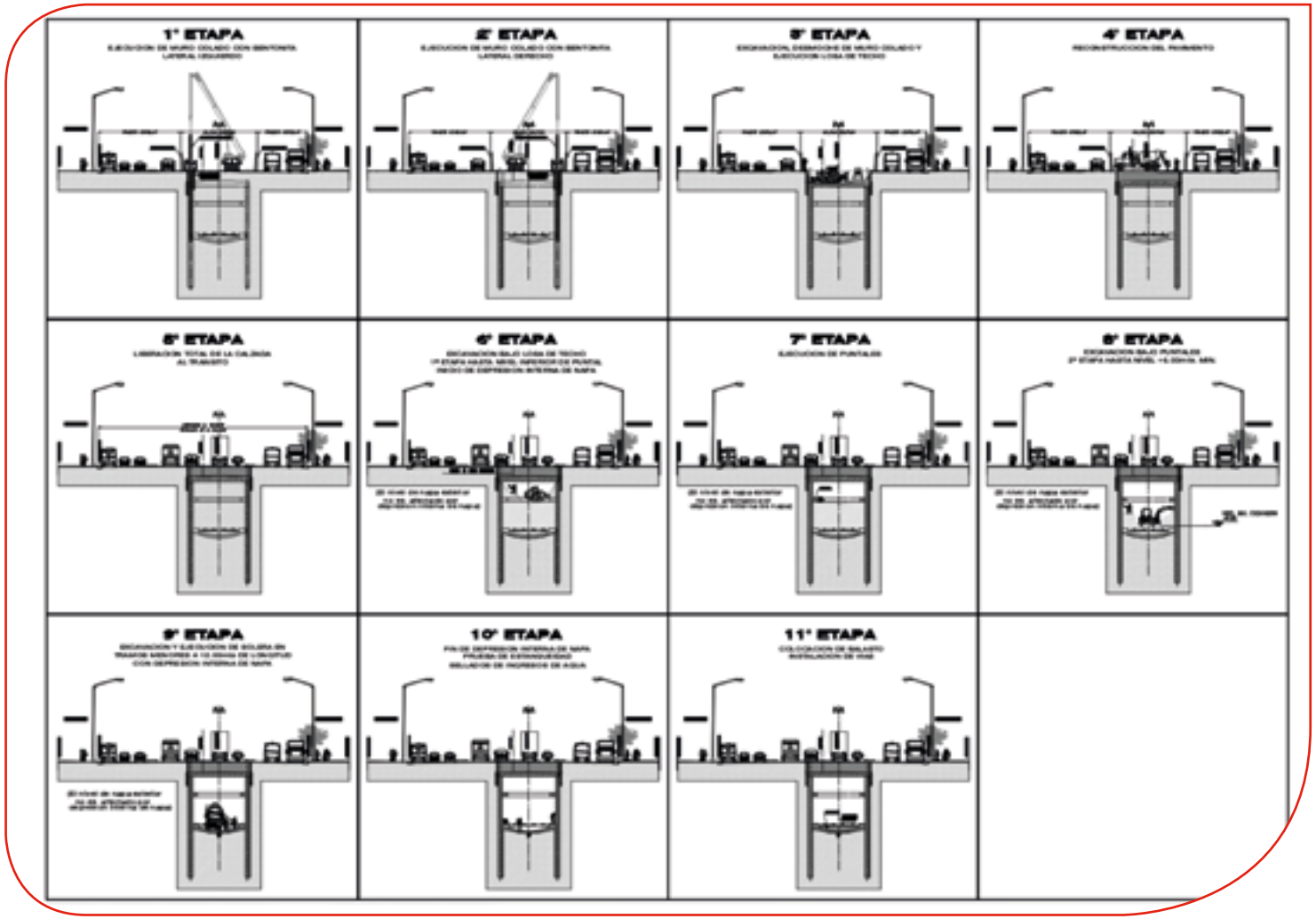
Figura 5.54

"Garras da concha de escavação da parede para escavar muro colado"

Fonte: visita à obra Puerto de Berisso em Buenos Aires, Argentina.

Figura 5.55

"Procedimento completo método construtivo *cut & cover* com muro colado (inclui todos os passos para a construção de um túnel utilizando muro colado)"



Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.4.2.3.3. *Método a Céu Aberto*

Este modelo de construção pode ser considerado residual, pois exige uma grande disponibilidade de terreno na superfície, algo praticamente impossível em solo urbano. No caso de Madri, por exemplo, foi utilizado somente em ruas intransitáveis e em trechos em campo aberto, onde a urbanização está prevista, mas ainda não foi desenvolvida.

Basicamente consiste em abrir uma trincheira até cota da laje de fundo, para logo executar a estrutura do túnel e cobrir a trincheira de novo. É possível identificar as fases a seguir:

- Escavação em trincheira até cota da laje de fundo
- Execução da laje de fundo
- Execução de muros laterais
- Execução de abóbada com carrinho de forma
- Impermeabilização, recheio lateral, recheio sobre "clave", até restituição de uso pré-existente
- As principais vantagens deste método são:
- As incertezas em relação à segurança, ao prazo e ao custo são reduzidas
- Os subsídios induzidos são notavelmente menores, e os tratamentos do terreno são eliminados
- Há maior independência do tipo de terreno atravessado
- Menor dependência de mão de obra especializada
- Várias frentes podem ser abertas de forma simultânea, o que resulta em redução do prazo e menor vulnerabilidade no caso de ocorrer um problema na frente
- Permite o aproveitamento do espaço subterrâneo, criado entre a superfície e o gabarito do túnel: estacionamentos, galerias para serviços, etc.

Seus principais inconvenientes são:

- Necessidade de ocupação na superfície, e maior risco de interferência com serviços urbanos (fornecimento de água, redes de esgoto, luz, gás, etc.)
- Impacto no patrimônio histórico e natural existente na superfície
- Geralmente representam maior desconforto para o cidadão, no tocante a ocupações, desvios de trânsito, barulhos, poeira, etc.

Figura 5.56

"Túneis executados a céu aberto em zonas não habitadas em linha 12 de Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.57

"Túneis executados a céu aberto em zonas de solos superiores muito moles em avenidas amplas, em linha B do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

Figura 5.58

"Túneis executados a céu aberto em zonas de pouca "tapada", ou de solos superiores muito moles e em avenidas amplas, utilizando taludes e ancoragens de sustentação, em linha B do Subterrâneos de Buenos Aires"

Fonte: Subterrâneos de Buenos Aires.

5.4.2.3.4. Construção com tuneladora

a) *Tuneladoras de frente aberta*

Historicamente é a primeira tipologia de escudos em aparecer. No Metrô de Madri, por exemplo, trabalharam três tuneladoras, realizando 19,4 km de túnel. Um escudo aberto é um robusto anel de aço que protege o perímetro da escavação e a montagem do revestimento, onde se apoia mediante "gatos de cargas" para continuar avançando.

Esse anel possui três setores diferenciados: o setor dianteiro ou setor de corte, o intermediário ou setor de empurrar, e o traseiro ou setor de colocação do revestimento.

A frente da máquina pode apresentar diversas soluções, em função do sistema de escavação a ser utilizado:

- Manual, utilizando martelos pneus.
- Mecanizada, através de um braço escavador ou braço "rozador". Neste caso, é possível contar com sustentação parcial da frente, em forma de painéis que se aproximam com "gatos", conforme o braço realiza a escavação.
- Mediante roda giratória mecanizada. A frente é sustentada completamente pela roda, embora sem pressurização nenhuma. As aberturas para a entrada de material possuem um sistema hidráulico que permite fechá-las parcialmente, para controlar a entrada do material ou totalmente, no caso de instabilidade.

A escavação com este tipo de escudos é realizada em secção completa, por tanto apresenta maior risco enquanto houver menor proteção da frente. Em qualquer caso, pelo fato da frente não ser pressurizada, o risco de entrada repentina de material (por exemplo, a presença de sacolas de água com pressão em pacotes de areias sem coesão) sempre está presente.

As principais vantagens deste sistema construtivo:

- Melhores rendimentos, sobre tudo em trechos longos, pelo fato de realizar tarefas simultâneas de escavação e montagem de revestimento. Como valor em média, é possível considerar 200 a 250 m/mês.
- Maior segurança dos trabalhadores por estarem localizados no interior do escudo.
- Menor dependência de mão de obra especializada devido ao alto grau de mecanização.
- As principais desvantagens deste sistema construtivo:
- Alto investimento inicial.
- Necessidade de espaço para poço de introdução, armazenamentos e instalações auxiliares.
- Frente sem proteger, pelo qual o risco de entrada de material e/ou de água no interior do escudo existe.
- Uma única frente de trabalho, o que complicaria a consecução das obras no caso de falha.

b) *Tuneladoras de pressão de terras*

No caso de que o túnel tenha que ser construído em terrenos moles e instáveis, e sobretudo em solos permeáveis submetidos a carga freática, o escudo de frente aberta apresenta os inconvenientes de qualquer sistema com grande frente aberta. Por isso, o seguinte passo da técnica é a utilização de escudos pressurizados.

Eles garantem a contenção do terreno da frente da escavação impedindo também a penetração de água do subsolo no interior do túnel.

A pressurização é requerida, inicialmente, procurando o uso de ar comprimido, o que é bom para um trecho completo do túnel escavado e revestido, onde é possível acessar por meio de eclusas, ou também na zona imediatamente na frente de escavação, que é concebida como uma câmara hermética.

Posteriormente, desenvolvem-se outros sistemas que visam os mesmos objetivos de sustentação do frente e estanqueidade da escavação, mediante a pressurização de uma câmara estanque localizada atrás da roda de corte do escudo.

O primeiro dos sistemas, denominado tuneladora com apoio de lama (*Slurry Shield*), pressuriza a frente mediante a injeção de lama a base de bentonita na câmara estanque. Essas lamas servem também como veículo para a extração do material escavado, que é realizada por via úmida mediante o bombeamento da lama resultante por tubulações, até uma instalação localizada na superfície onde a lama é regenerada para usos posteriores, e o "inerte" é separado para ser transportado ao vertedouro.

Outro dos sistemas de pressurização da frente é constituído pelas tuneladoras que desenvolvem a técnica de Equilíbrio a Pressão de Terras, conhecidas como tuneladoras *Earth Pressure Balance* (EPB), e são as que estão atingindo maior desenvolvimento e utilização nos últimos tempos por sua versatilidade.

Neste caso, a pressurização da câmara é atingida mantendo uma mistura de terreno extraído nela, águas e espumas com certa pressão. Ela é regulada mediante a remoção controlada da mistura, por meio de um parafuso sem-fim.

A escavação é realizada mediante a rotação da cabeça de corte, equipada com ferramentas especializadas (ancinhos, talhadeiras, picaretas, discos) adequadas. O revestimento se materializa no interior do escudo, mediante o posicionamento dos diferentes segmentos que conformam o anel com um eretor.

Além das já mencionadas para os escudos abertos, as tuneladoras de frente fechada apresentam estas vantagens adicionais:

- Maior segurança e estabilidade da frente devido à pressurização
- Maior independência dos terrenos escavados, por ser o sistema menos susceptível às suas mudanças
- Redução dos problemas gerados pela água
- Menor necessidade de tratamentos na frente
- Menores subsidências na superfície devido ao controle obtido mediante a pressurização

No caso de Madri, como exemplo, com esse sistema foi executado um total de 99,4 km, todos a partir do ano 1995, tornando-se o modelo massivo de construção dos túneis e o elemento essencial do sucesso das posteriores ampliações da rede realizadas desde aquele ano. Um valor em média de rendimento, para este método, pode ser de 500 m/mês.

c) ***Tuneladora para solos duros ou rochas: escudo duplo***

A tuneladora de escudo duplo é capaz de trabalhar como topo (modo contínuo de trabalho) ou como escudo, em função da qualidade do maciço rochoso, sendo a melhor solução para terrenos com trechos de tipologia variável solo/rocha. Neste tipo de tuneladora, o escudo está dividido em duas partes: a dianteira onde se encontra a cabeça de corte, e a zona traseira, onde se realiza a montagem do anel de segmentos.

O movimento destas duas partes do escudo é independente, encontrando-se as ferramentas de corte em uma cavidade aberta entre elas, pelo qual a cabeça pode escavar enquanto que na parte traseira do escudo os anéis de segmentos vão se montando. Dessa forma, os rendimentos atingidos com este sistema são muito maiores que com um escudo simples. Este procedimento é aplicável naqueles terrenos capazes de resistir a pressão transmitida pelas ferramentas de corte e ao mesmo tempo os cilindros principais para empurrar impulsionam o escudo de cabeça e a roda de corte realiza a escavação. No escudo traseiro procede-se à montagem de um novo anel de segmentos de sustentação sob proteção dele.

Quando o terreno é mais fraco e não é capaz de resistir à pressão das ferramentas de corte, a tuneladora funciona como escudo simples,

fechando-se a cavidade deles, e a máquina se apoia mediante uns cilindros auxiliares no último anel colocado, com a finalidade de obter a reação necessária para o impulsionamento da cabeça de corte (isto é, como trabalha um escudo normal). Por isso, trabalhando em modo escudo, a escavação não é possível simultaneamente com a montagem do anel de segmentos.

5.4.3. Oficinas e estacionamentos

Para o bom funcionamento e a operabilidade de um STPST, é imprescindível contar com as oficinas e os estacionamentos, associados com o material rodante do projeto, nas proximidades das linhas para o estacionamento e a manutenção do material rodante que circulará nelas.

Em todas os estacionamentos não são realizadas as mesmas atividades, por tanto as instalações a serem construídas serão diferentes em função das necessidades de manutenção e de armazenamento de material rodante das linhas onde operam.

Os estacionamentos são materializados em volumes de edificação que albergarão as vias e as instalações necessárias em cada caso, bem como suas correspondentes dependências auxiliares e de serviço. O principal fator condicionante para as dimensões dos estacionamentos será o desenho e o número de vias que considerem todos os usos e as operações previstas para cada estacionamento.

Estes estacionamentos de material rodante poderão ser subterrâneos ou em superfície em função dos espaços disponíveis e dos fatores condicionantes urbanísticos correspondentes.

Dessa forma, é relevante ter em mente o programa das necessidades correspondente à operação, à manutenção e à engenharia de material rodante, de armazéns, de nave de “dresinas” e de veículos auxiliares para inspeção e manutenção, de formação profissional, dos serviços médicos, de energia, de subestação, de centros de transformação, bem como sala para a sinalização, as comunicações, as caldeiras ou prédio de controle de acesso.

Da mesma forma, deverão ser consideradas questões relacionadas com o meio ambiente, a proteção contra incêndios, a segurança, a prevenção trabalhista, o mobiliário e o equipamento, etc.

Como ideia geral, é aconselhável agrupar em diferentes módulos cada uma das zonas de estacionamento conforme sua função específica. Assim, distinguem-se os módulos a seguir:

- Módulo de estacionamento
- Módulos de manutenção: ciclo curto, ciclo longo, etc.
- Módulos de lavagem e limpezas técnicas
- Galpões ou zonas para veículos auxiliares
- Subestação e centros de transformação

As dependências das instalações auxiliares, o armazém, as dependências do pessoal (limpeza, vestuário, cozinha, banheiros, etc.), os escritórios requeridos para cada atividade, e outras dependências do estacionamento, devem estar localizados nos prédios correspondentes onde a atividade é desenvolvida.

Também é possível contar com outros prédios que estarão anexos ou que serão independentes um do outro, como um prédio auxiliar de escritórios, um posto de controle do depósito, um controle de acessos, um depósito de resíduos, etc.

É importante que os requerimentos das oficinas e dos estacionamentos sejam definidos no início, pois deles vai depender em grande medida a superfície requerida e sua localização. Seu dimensionamento permitirá o início, mediante prévia avaliação de terrenos alternativos, do processo de desapropriação. Além disso, o saneamento do terreno pode precisar de um tempo considerável, antes de poder iniciar a construção das instalações. Se isto não for abordado antecipadamente, as obras podem se tornar críticas para o projeto.

Figura 5.59

"Vista aérea do estacionamento ou pátio do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.60

"Zona de estacionamento do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.61

"Zona de manutenção: vias sobre pilares do Metrô de Madri"

Fonte: ALAMYS.

Figura 5.62

"Dependências auxiliares: sala de ferramentas do Metrô de Madri"

Fonte: ALAMYS.

5.5. Sistemas e equipamentos

Dentro do grupo de sistemas e equipamentos é possível diferenciar, sem classificá-las de maior a menor importância:

- Distinção entre as instalações próprias da operação ferroviária, de outras que sejam acessórias ou de acompanhamento à operação.
- Aquelas que sejam de envergadura física e que precisem de muito espaço e zonas anexas para conexões, equipamento, etc.; ou as que precisem de espaço ou localização específica devido ao barulho, por exemplo.
- Aquelas que sejam de importância e interesse, do ponto de vista de seu fornecimento.
- Instalações e serviços, em geral, necessários para situações temporais de construção, tanto para própria obra como para outro tipo de serviços que possam ser afetados, desviados, etc.

O momento em que elas devem ser executadas deve estar muito bem definido, e também a flexibilidade que elas possam ser capazes de absorver, portanto o conhecimento da instalação do ponto de vista do necessário para sua implantação e seu funcionamento em serviço é chave.

Assim, no tocante a sistemas e equipamentos, é possível falar de:

- Material rodante
- Sistema de vias
- Instalação de energia de alta tensão, incluída subestação
- Instalação de energia de tração
- Instalação de energia de baixa tensão: potência e iluminação
- Instalação da sinalização
- Sistema de Comando Centralizado
- Instalação de comunicações: interfones, telefones, *wi-fi*, etc.
- Sistemas de portas de plataforma
- Ventilação e/ou climatização
- Bombeamento de águas residuais. Bombeamento de águas pluviais e de infiltração
- Instalação de proteção contra incêndios
- Instalação de segurança
- Saídas de emergência

No tocante a equipamento:

- Controle de acesso
- Boqueio
- Arrecadação
- Escadas rolantes e rampas
- Elevadores
- Informação para os passageiros

De qualquer forma, todo tipo de instalação e de equipamento precisa de uma série de espaços, de servidões, de conduções, etc., para que sejam implementados e integrados dentro da infraestrutura da melhor forma possível, de tal maneira que facilitem a flexibilidade, a manutenção e a operação.

Figura 5.63

"Instalação de subestação elétrica do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

De forma geral, o fato de não ter claro o tipo de operação requerido, torna bastante difícil que a solução adotada no final seja a mais operativa e funcional possíveis.

Isto geralmente é normal em infraestruturas e explorações de nova criação, principalmente quando no país em questão nem sequer existe uma cultura ferroviária suficiente e nem o conhecimento necessário.

Dessa forma, o caminho crítico a ser levado em conta provém de:

- Não ter previsão da movimentação de passageiros e nem as projeções que possa haver no futuro em relação a eles.
- Não ter claros os condicionantes do país e nem os mapas estratégicos: sociológicos, demográficos, de desenvolvimento, etc.
- Não saber nem ter claras as condições territoriais e/ou urbanísticas.
- Não dispor de legislação em matéria ferroviária.
- Não ter claras as normativas de aplicação para este tipo de infraestrutura, nem das implicações que- no caso de não existir- possam resultar.
- Não ter claro o modelo de operação.
- Não ter em mente as necessidades de cada um dos campos necessários para a construção da infraestrutura, entendendo por "campos" os correspondentes a energia, às comunicações, à sinalização, etc.
- Não contar com uma infraestrutura com projeção para várias centenas de anos.
- Estar constantemente nas mãos de fornecedores sem controlar o conhecimento.
- Não ter clara a integração entre os modos de transporte e o impacto que resultante dessa interação.
- Possível efeito barreira e/ou efeito "volume" nas instalações em superfície.
- Barulhos e vibrações. Contaminação luminosa, etc. Manutenções noturnas.
- Espaços subdimensionados.
- Soluções pouco funcionais ou que geram insegurança ou "pontos de movimento duros".
- Utilização de métodos construtivos que condicionam a funcionalidade e a flexibilidade.

- Não ter em mente a futura capacidade de manutenção e nem os custos que representam.
- Utilização de soluções que geram investimentos constantes no curto prazo.

De uma forma simples, as recomendações visam evitar ou programar soluções eficazes sobre aquelas questões que possam gerar rotas ou pontos críticos dentro da instalação ferroviária. De forma geral, poderia ser indicado como conveniente:

- Criar um marco legislativo e normativo específico para a infraestrutura a ser desenvolvida.
- Utilizar soluções construtivas que se adaptem à funcionalidade e aos requerimentos solicitados e não ao contrário, com flexibilidade e uma alta projeção futura.
- Tentar em todo momento ter o controle como *Project Manager* diretamente desde a administração correspondente, contando com empresas especializadas no caso de ser necessário e somente como apoio.
- Os contratos devem poder refletir certa flexibilidade em todos os campos, desde o do projeto até o do preço, de tal forma que, em caso necessário, poder realizar as modificações correspondentes.
- As funções e as responsabilidades dos intervenientes devem estar perfeitamente definidas, devendo ter a capacidade de decisão necessária para não demorar com os trabalhos.
- A arquitetura deve estar focada nas necessidades dos passageiros. Deve-se ter presente que uma estação não é um museu. Para isso, considerar:
  - Perfeita organização funcional do projeto
  - Divisão contratual e pontos fronteira
  - Responsabilidades e capacidades de decisão
  - Critérios claros e definidos. Reuniões executivas de alto nível de colocação em comum dos serviços, das instalações, da infraestrutura, etc.
- A tecnologia permite realizar a infraestrutura rapidamente, por tanto o prazo deve estar muito claro. Não poderão ocorrer demoras por falta de decisão, ou qualquer outra questão administrativa. Deverá se contar com a máxima capacidade de resolução possível.
- No caso de tomada de decisões, elas serão realizadas no máximo em 24 horas, contando com os responsáveis técnicos e políticos mais importantes.
- Trabalho em conjunto com os máximos responsáveis políticos, as administrações, os agentes sociais, etc.
- As razões dos atrasos, dos custos excedentes, entre outros, terão a justificativa correspondente, inclusive em assuntos estratégicos territoriais, políticos, etc.
- Cuidadosa escolha de empresas contratantes e de fornecedores.
- Divisão de contratos em diferentes campos: construção, controle de qualidade, assistências técnicas de apoio, etc.
- Utilização de soluções construtivas e técnicas de “zero manutenção”. Algumas soluções *a priori* econômicas podem encarecer muito a manutenção futura.
- Utilização de soluções de alta padronização. Quando a infraestrutura está em andamento elas devem ser revisadas constantemente para procurar soluções de futuro que a tecnologia possa aplicar no seu caso.
- Políticas de ajuda à operação e à manutenção de autodiagnostico.
- Alta formação e capacitação dos profissionais encarregados da operação.
- Dispor de um departamento próprio de engenharia e de desenvolvimento.
- Procura contínua da otimização.
- Utilização de diferentes modalidades contratuais entre a administração, as empresas públicas, as empresas privadas, os fornecedores, etc.
- Soluções acordes com os planos diretores revisáveis.

- Soluções construtivas de alta integração urbanística, evitando o efeito barreira e o efeito "volume".
- Verificações in situ.
- Utilização de *softwares* específicos de simulação e de utilização.
- Realização de encaixes funcionais, especialmente nas estações de interconexão.
- Penalização ou não da operação em favor do deslocamento mínimo de passageiros.

No tocante aos fornecimentos e montagens dos sistemas de equipamentos, no desenvolvimento de projetos de STPST, a passagem do caminho crítico pela montagem do sistema de vias é frequente, pois, geralmente, a via é o principal meio utilizado para o transporte e a montagem da maioria dos equipamentos restantes.

Figura 5.64

"Salas de baixa e de alta tensão na estação Pacifico do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.66

"Sistema de acceso en estação, Metrô de Cidade de México"

Fonte: ALAMYS.

Figura 5.65

"Sistema de ventilação de estações na estação Mirasierra do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

5.5.1. *Material Rodante*

A escolha do material rodante é determinante neste tipo de infraestruturas.

O normal é que, ao mesmo tempo em que ocorre a licitação com editais para a construção da infraestrutura e das instalações, também seja licitado o material rodante pois, neles devem ser conhecidos os parâmetros básicos que impactam diretamente na infraestrutura.

Na tabela a seguir é possível ver como exemplo os mínimos requeridos para um metrô pesado:

Tabela 5.2

"Parâmetros básicos de infraestrutura de metrô pesado (túnel)"

DADOS DE DESENHO	
Bitola	**1.445 mm**
Velocidade máxima	110 km/h
Velocidade máxima excepcional (no acesso à estação/estacionamentos)	**37 km/h**
Raio mínimo[13]	250 m
Raio mínimo excepcional (no acesso à estação/estacionamentos)	**80 m**
Curva de transição	Clotóide
Gráfico da inclinação em curva de transição	**Linear**
Inclinação máxima	150 mm
Inclinação da máxima inclinação	**1,5 mm/m**
Aceleração máxima sem balanço	0,65 m/s2
Inclinação máxima	**35‰**
Longitude mínima	0,55*v = 60,5 m
Inclinação do trilho	**1/20**
Tipo de trilho	54 E1
Tipo de pista	**Concreto**

Fonte: ALAMYS.

Uma questão essencial não mostrada é o gabarito máximo permitido, estático e dinâmico, bem como as distâncias de segurança correspondentes.

13 Em referência à área

Essa questão é relevante, não somente em condições normais de operação em túnel, mas também em outro tipo de condições, como nas degradadas e inclusive situações requeridas de operação em momentos determinados.

É importante ter presente as distâncias na borda da plataforma na estação, o movimento de trens em aparelhos de via próximos das estações e como podem impactar nas distâncias com a plataforma, as portas das plataformas, etc.

Também é relevante ressaltar que as instalações a serem colocadas sobre o túnel, no caso de infraestrutura subterrânea, deverão ser levadas em conta, pois podem interferir com os gabaritos estabelecidos previamente. É difícil mudar as obras quando já estão construídas para realizar ações de adequação, de modernização, etc., pois isso implica em custo elevado.

Apesar de tudo, o material rodante costuma variar e isso deve ser considerado. Com um período de vida útil de entre 30 a 50 anos, em função de quanto for "esticada" a capacidade de transporte do veículo, a frota deverá ser renovada ou não. Nesse sentido, e com custos marginais pequenos, devem ser previstas situações futuras que não representem mudanças significativas na infraestrutura inicialmente desenhada. Isto é possível? Sem dúvida, tendo presentes quais são os fatores que impactarão mais no futuro.

a) *Características principais da definição de infraestrutura*

Neste ponto se deverá ter presente as características principais ou básicas que devem definir o material rodante. Aqui, poderia se dizer que a atenção deve ser focada na função de "transporte" propriamente dita.

As questões mais relevantes são definidas pelo tipo de via, pela geometria e pelas condicionantes estáticas e dinâmicas do trem completo. Assim, deverão ser consideradas questões como o comprimento da via, a velocidade máxima, a velocidade nos estacionamentos ou pátios, os raios mínimos de curvatura, os raios mínimos em estacionamentos ou pátios, a tipologia de curva de transição, a variação da inclinação até a transição, a inclinação máxima, a inclinação em máxima inclinação, a aceleração máxima sem compensar, a variação máxima da inclinação, o acordo vertical e mínimo KV, a inclinação máxima, a reta mínima, a inclinação de carril, tipo de trilho (forma, dureza, etc.) e tipo de via, entre outros.

Da mesma forma, deverá estar de acordo com o tamanho e o tipo de túnel: se for um túnel único de uma via ou mais vias, ou se forem vários túneis, paralelos ou sobrepostos, gabarito estático e dinâmico, túneis com corredor lateral de evacuação ou com entrevia "generosa", velocidade de operação e entrada nas estações, especialmente nas estações terminais, intervalo mínimo entre trens, operação por malhas ou por intervalos, comprimento das estações e sua forma: retas ou curvas, tipo de aparelhos de via, de alta tecnologia, de tecnologia convencional, etc., posição dos aparelhos de via e número deles, etc.

Quando uma infraestrutura com essas características deve ser colocada em funcionamento "a partir de zero", existe uma série de condicionantes cujas respostas devem estar claras. Por exemplo: "quão grande será o túnel?", "uma, duas ou mais vias por túnel?", "tem ou não tem passagem de emergência?".

Quando tomadas as decisões correspondentes, não é conveniente misturar sistemas dentro da mesma operação, para tentar facilitar a operação e a manutenção na medida do possível, tendo presente que a infraestrutura tem uma alta projeção temporal, e o que pode parecer fácil, simples ou, simplesmente não importar no início, pode tornar a operação e a gestão da operação futura excessivamente cara e muito difícil de solucionar no futuro.

Figura 5.67

"Material rodante com evacuação frontal, trem de linha 6 do Metrô de Santiago"

Fonte: Metrô de Santiago.

b) *Características do material rodante na definição da operação*

Neste capítulo, as características correspondentes à operação devem ser consideradas, como as questões próprias da empresa e do atendimento ao cliente.

Na primeira, deve-se colocar atenção no sistema de tração, de comunicações, de sinalização a bordo, de gestão da informação, de autodiagnostico e de predição de falhas, de comunicação em tempo real, de processamento de dados, etc.

Iniciando nas questões mais relevantes para a definição do material rodante, devem ser consideradas aquelas relacionadas com a energia, a sinalização e as comunicações.

- Energia: tipo de corrente e tensão, tipo de catenária: flexível, rígida, etc., consumos, entre outros.
- Comunicações: "internas" con el puesto de mando, centro de mantenimiento, etc.; y "externas" o de cara el viajero: relativas a incidencias, CCTV, etc.
- Sistema de sinalização: ATO, ATP, manual, CBTC, etc.

Da mesma forma, as questões relativas com a operação deverão ser consideradas em relação ao intervalo entre os trens e o tipo de operação (se é por malhas ou não), se é um sistema de condução *driverless* GoA4, com portas de plataforma, com estações climatizadas, etc.

Na segunda, os assuntos que envolvam o passageiro diretamente, inclusive a infraestrutura, deverão ser considerados, como podem ser as questões ligadas com a segurança (*safety* e *security*), questões do conforto, do ar condicionado, da acessibilidade, da arquitetura e da imagem corporativa, da informação ao cliente, etc.

A seguir, estão apresentados exemplos de definição de infraestrutura.

Figura 5.68
"Sistema de telas informativas em estação Acacias/ Embajadores do Metrô de Madri"

Fonte: Metrô de Madri.

Figura 5.69
"Facilidades de acesso à rede no Metrô de Madri"

Fonte: ALAMYS.

5.6. Interfaces

5.5.2. Sistema de vias e sistema elétrico

Os sistemas de via e elétrico são fundamentais para os demais sistemas. O primeiro, porque permite que a energia, a sinalização, as comunicações e o comando centralizado iniciem suas montagens e o segundo, porque proporciona, junto com a via, a circulação do material rodante e o início dos testes de todos os sistemas (tanto estáticos, como dinâmicos). Além disso, facultam o teste dos trens e, junto com eles, testar a integração dos diferentes equipamentos que o projeto abrange.

O normal é que ao mesmo tempo em que ocorra a licitação dos editais para a construção da infraestrutura e das instalações, também o material rodante esteja em concorrência. Os parâmetros básicos do material rodante, que impactam diretamente a infraestrutura, devem ser conhecidos.

As interfaces geralmente são enfrentadas na coordenação de contratantes que possam estar a cargo da direção da obra ou da empresa principal, mas também é conveniente que seja realizado na etapa de projeto, tentando já interagir com as possíveis entidades construtoras e com os fornecedores com possibilidade de intervir.

A definição de interfaces é fundamental para evitar problemas na execução das obras, para o qual é indispensável contar com profissionais de experiência e com a maior definição possível de fornecedores, cuja tecnologia seja utilizada em cada parte da obra. Assim, minimizam-se os problemas por tarefas improdutivas que ocorrem quando as previsões de todas as especialidades restantes não são levadas em conta.

Qualquer falta nesta análise de interfaces acarretará aumento nos tempos do projeto.

Contudo, é imprescindível que as previsões considerem a localização de todo equipamento e instalação, para que quando a construção civil e a montagem das instalações sejam realizadas não seja necessário trocar ou improvisar soluções não previstas como:

- Mudanças dos processos construtivos
- Demolições
- Demolições por passes não previstos
- Incorporação de novos equipamentos
- Modificação de equipamentos por falta de previsões no projeto
- Modificação de equipamentos por inconvenientes na hora da montagem.

A principal recomendação nesta fase é o contato antecipado com as consultorias, com as empresas construtoras e com os possíveis fornecedores com experiência para poder projetar as previsões necessárias que interligam todas as disciplinas.

Atualmente, as tecnologias de informação oferecem ferramentas (*softwares*) dirigidas à modelagem virtual da construção, com base em planos 2D, mas com um desdobramento sequencial em 3D, permitindo a detecção antecipada de

incompatibilidades do projeto em sua etapa de desenho ou no Projeto Executivo. Isto permite a diminuição de conflitos não somente em termos construtivos, mas também em termos de prazo, de gerenciamento contratual e de custos adicionais por necessidade de troca tanto de escopo dos contratos como de volumes de obra.

Quando as interfaces não são abordadas no início, isto é, identificá-las, delimitá-las e gerenciá-las de forma oportuna, se traduzirão em interferências que impactarão em maior ou menor grau o custo, o prazo, ou o desempenho (escopo e qualidade) do projeto, pois essas interferências requererão de soluções de engenharia em plena execução do projeto.

Figura 5.70

"Gráfico de gestão de interfaces de oficinas para os projetos 'Linha 6 e linha 3 do Metrô de Santiago'"

Fonte: Metrô de Santiago.

5.7. Relações com a comunidade e o meio ambiente

Durante a etapa de construção do projeto de um STPST, as medidas propostas nas fases anteriores para o relacionamento com a comunidade deverão ser executadas e também um acompanhamento ambiental pormenorizado e constante.

5.7.1. Relações com a comunidade

Durante a etapa de construção, será fundamental cumprir com os compromissos adquiridos no ciclo anterior, demonstrando a vontade de minimizar os impactos negativos do projeto. Os problemas ou erros podem ser perdoados, mas não a falta de vontade para evitá-los e solucioná-los.

A relação com a comunidade durante esta fase abrange todas as atividades realizadas pelo mandante e suas empresas contratantes. Isto significa que não somente o diálogo direto é desse âmbito, mas também as ações concretas do processo de construção de infraestruturas, incluindo obras temporais como fechamentos perimetrais.

Para a comunidade, a construção é uma etapa de grande preocupação e, em ocasiões, de difícil aceitação, portanto, os riscos podem ser muitos e muito variados.

O principal desafio consiste em incluir a comunidade na tarefa de avaliar se as medidas estão dando os resultados esperados, responder oportunamente às reclamações ou queixas, entregar constantemente a informação, e responder eficazmente no caso de ocorrência de inconvenientes ou falhas. Uma boa prática é contar com profissionais do construtor e do controlador financeiro no território, para interagir permanentemente com a comunidade e com a empresa.

A forma em que as relações com os atores locais são administradas nesta etapa, pode marcar o nível da interação com a comunidade e com as autoridades para o ciclo restante do projeto. Na tabela a seguir, há uma lista de planejamento de tarefas recomendadas para enfrentar este trabalho:

Tabela 5.3

TAREFAS
1. Identificar os atores sociais que possam sofrer mais com os efeitos da construção, e estabelecer acordos básicos para a relação durante o projeto.
2. Preparar os contratantes para que tenham a capacidade de se relacionar de forma adequada com a comunidade. Incluir nos termos da contratação que as empresas contratantes e de supervisão de obras tenham um componente próprio de gestão social.
3. Informar oportunamente às pessoas afetadas sobre as atividades de construção e o programa de atividades.
4. Fortalecer no campo a presença da equipe de relações comunitárias e responder as reclamações dentro do prazo.
5. Comunicar às pessoas interessadas sobre os avanços da construção e o cumprimento dos compromissos adquiridos para o processo.
6. Zelar pelo cumprimento de boas práticas, gerenciando o risco de comportamentos errados dos trabalhadores próprios ou dos contratantes.
7. Gerar um espaço de comunicação e interface entre o componente técnico e o social.
8. Homologar a linguagem e definir um decálogo, que inclua códigos de relacionamento e de segurança. Permanecer perto da equipe de construção desde o início é chave para o sucesso.

5.7.2. *Meio Ambiente*

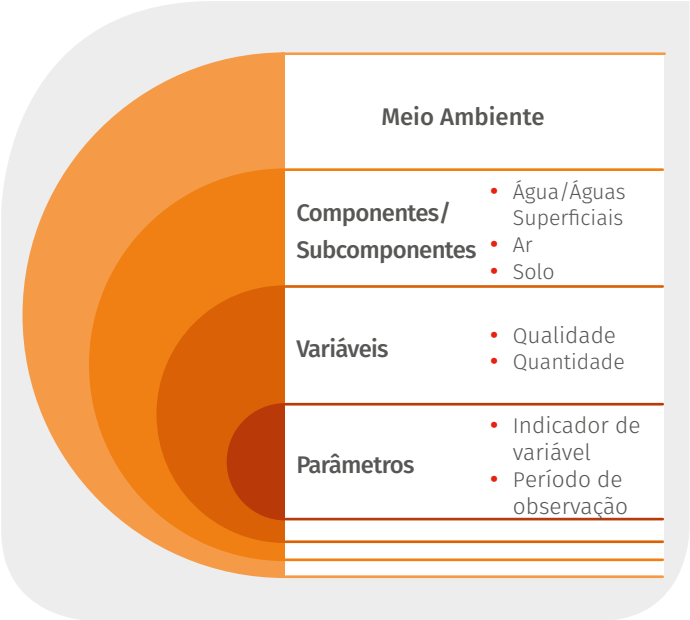
Em relação às consequências ambientais de um projeto de STPST, é importante antecipar-se dos impactos que possam ocorrer (ver "Capítulo 3: Planejamento" deste documento), para que quando se entrar na fase de construção, os impactos já se encontrem detectados e incluídos no projeto. Com isso, o esforço estará focado naqueles riscos não previstos anteriormente, ou que não foram detectados adequadamente, em vez de iniciar do zero.

Assim, deverá ser realizado um acompanhamento detalhado sobre os efeitos adversos do projeto no meio ambiente, para o qual deve ser desenvolvido um sistema de acompanhamento ambiental, conforme o mostrado nas figuras a seguir.

Os assuntos relacionados com arqueologia, antropologia e paleontologia requerem uma menção especial, dependendo do marco geográfico e cultural onde o projeto é desenvolvido, considerando a determinação de impactos realizada na etapa do planejamento, especificamente nas atividades de desenho, deverá ser construída uma matriz de riscos potenciais de achados arqueológicos e paleontológicos não detectados anteriormente.

Figura 5.71

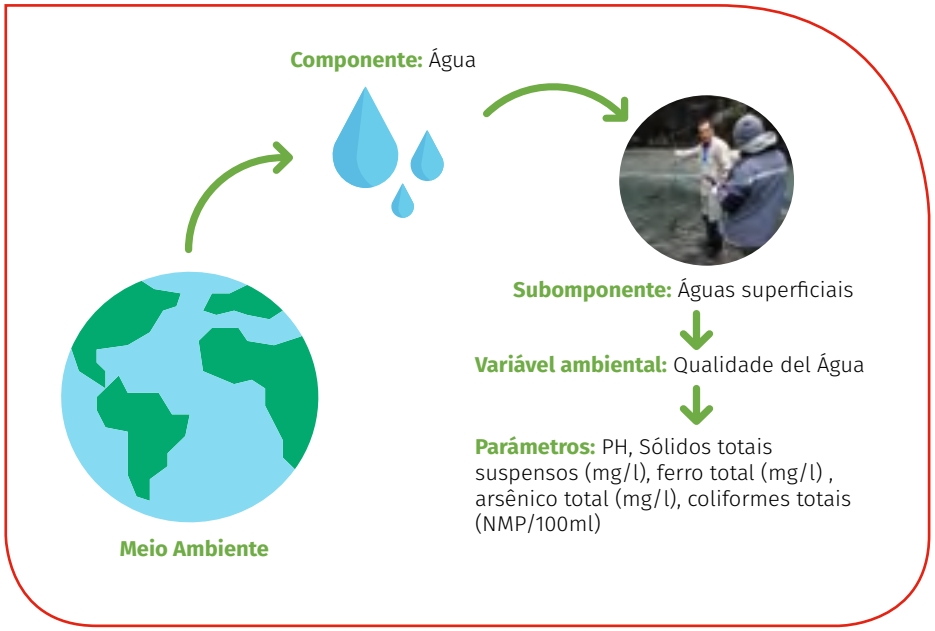
"Esquema geral de acompanhamento ambiental"



Fonte: Superintendência do Meio Ambiente, Chile.

Figura 5.72

"Exemplo: a água como fundamento do acompanhamento ambiental"



Fonte: Superintendência do Meio Ambiente, Chile.

No caso dos elementos do patrimônio cultural e histórico, as recomendações efetuadas por organismos internacionais[14] devem ser consideradas e também pelo menos o seguinte:

- Estudo detalhado da linha de base levantada em etapas anteriores.
- Delimitação das zonas com alta probabilidade de achados (necessária participação de especialista).
- Elaboração prévia de um plano de monitoramento e procedimentos específicos no caso de enfrentar um achado (conforme a própria legislação de cada país).
- Presença nas frentes de trabalho de especialista arqueólogo e/ou paleontólogo.

14 Convenção sobre a proteção do patrimônio mundial, cultural e natural, UNESCO. https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf

5.8. Conclusões

A decisão de unir dois pontos da cidade mediante um sistema de transporte público, dependendo da densidade de população, das interferências existentes, do desenvolvimento urbano de zonas atravessadas pelo traçado, das características dos solos, etc. gera a necessidade de definir o tipo de STPST e os métodos construtivos a serem utilizados.

Considerando as zonas que serão atravessadas, os recursos disponíveis e as interferências que ocorrerão no presente ou no futuro, é possível definir várias opções ou combinações delas: traçado em túnel, plataformas em nível do solo ou viadutos elevados. Opções que dependerão de:

- A infraestrutura da zona urbana
- A infraestrutura subterrânea, as interferências dos serviços públicos
- Possíveis jazidas arqueológicas e paleontológicas
- Tipos de solos.
- Falhas de solos
- Espaço livre até a construção existente e futura
- Águas subterrâneas
- Profundidades

As definições adotadas de forma preliminar devem ser validadas pelos estudos do Projeto Básico e do Projeto Executivo, especialmente o relacionado com o ponto de encontro entre a procura e a oferta de serviço de transporte, como são as estações, para as quais deverá ser definida a localização, a profundidade, a funcionalidade, a conectividade e a arquitetura.

No caso dos projetos em túnel (solução atraente devido ao menor impacto no meio, mas de custo elevado), existem variados métodos construtivos, tais como os manuais, o *cut & cover*, a "céu aberto" e a construção com tuneladora, cuja escolha vai depender das engenharias do projeto e dos custos e prazos que cada possibilidade oferece.

No caso das soluções de plataforma em nível do solo devido a seu impacto no meio e apesar de que em geral têm um custo menor, a recomendação de uso é essencialmente em áreas semiurbanas da periferia, e rurais, considerando o crescimento dos núcleos urbanos e os instrumentos de planejamento territorial.

Para zonas de baixa densidade de população, e onde os solos não são competentes, a recomendação é optar pela solução de viadutos elevados, considerando os impactos na rede de trânsito e no meio urbano.

A construção de viadutos é menor em tempo e custo em comparação com qualquer construção em túnel; e somente devem ser consideradas as interferências subterrâneas onde as estacas são implantadas.

Em relação à infraestrutura e do equipamento, a definição do material rodante é um aspecto muito importante, e vai depender do tipo de via, da geometria, das condicionantes estáticas e dinâmicas do trem completo, do largo da via, da velocidade máxima, da velocidade em depósitos ou pátios, dos raios mínimos de giro, dos raios mínimos em depósitos ou pátios, da tipologia de curva de transição, da variação da inclinação até a transição, da inclinação máxima, da inclinação em inclinação máxima, da aceleração máxima sem compensar, da variação máxima da inclinação, do acordo vertical e mínimo KV, da inclinação máxima, da reta mínima, da inclinação de carril, do tipo de carril (forma, dureza, etc.) e do tipo de via, entre outros.

No caso de soluções em túnel, deve ser considerado: seu tamanho e tipo, se é somente um (de uma ou mais vias) ou vários túneis, paralelos ou sobrepostos, gabarito estático ou dinâmico, túneis com corredor lateral de evacuação ou com entrevia "ampla", velocidade da operação e entrada às estações, especialmente nas estações terminais, intervalo mínimo entre trens, operação por malhas ou por intervalos, longitude das estações e sua forma: retas ou curvas, tipo de aparelhos de via, de alta tecnologia, de tecnologia convencional, etc., posição dos aparelhos de via e o número deles, etc.

Contudo, não é aconselhável misturar sistemas dentro da mesma operação, para tentar facilitar a operação e a manutenção na medida do possível, considerando que a infraestrutura tem uma alta projeção temporal, e o que pode parecer fácil, simples ou, simplesmente, "não importar" desde o início, pode tornar excessivamente cara a operação e a gestão da operação futura, difícil de ser solucionado no futuro.

A relação com a comunidade durante a etapa de construção deve ser compreendida em todas as atividades realizadas pelo mandante e suas empresas contratantes. Isso significa que não somente o diálogo presencial é importante, mas também as ações concretas do processo de construção de infraestruturas, incluindo obras temporais como fechamentos perimetrais.

Em relação ao meio ambiente, dependendo da legislação, os estudos devem ser desenvolvidos a partir das engenharias do projeto. Quando as licenças respectivas são obtidas e a construção é iniciada, o programa de acompanhamento ambiental do projeto deverá ser realizado.

6. OPERAÇÃO

Nos projetos de STPST é de vital importância, logicamente, que os critérios do modelo operacional sejam considerados desde o início da etapa de desenho, pois dependendo das definições que sejam desenvolvidas nesta fase, eles determinarão o traçado onde a futura linha vai ser construída, como também a quantidade de estações, o dimensionamento da infraestrutura e os níveis de automatismo que existirá nos sistemas.

Os resultados que forem atingidos neste passo serão decorrentes da decisão sobre como será construído e operado, gerando os benefícios para o que foi criado; ou, em caso contrário, as condições de menor desempenho que não foram incorporadas no restante da vida útil deverão ser aceitas, ou até que seja decidida sua modificação com os consequentes custos e efeitos maiores em uma linha em operação.

No tocante às definições para o desenvolvimento adequado de um novo STPST, observam-se três elementos críticos que devem ser alvo de atenção, pois definem os investimentos associados, os padrões de desempenho e, de alguma forma, definem certas rigidezes que são extremamente complexas de serem resolvidas quando a operação já está iniciada. Eles são:

- Um adequado e definitivo estudo de procura
- O tipo de operação e o Grau de Automatização
- O impacto na infraestrutura em decorrência das definições anteriores

Contudo, neste capítulo os principais elementos da etapa de operação serão resumidos, entendendo que ela vai depender das condições particulares de desenho do projeto e de como serão abordados os pontos críticos mencionados no parágrafo anterior.

O objetivo é entregar as principais diretrizes sobre como abordar todas as tarefas a serem realizadas, tanto nas etapas de desenho, na colocação em marcha, e na operação propriamente dita. É necessário esclarecer que a procura, como elemento crítico, já foi abordada de forma mais ampla no ponto 3.3 do “Capítulo 3: Planejamento”, nesta secção, portanto, somente será mencionada como parte dos pontos a serem considerados no caminho crítico

6.1. Etapa de desenho do Modelo Operacional

Em diversos projetos, não necessariamente de transporte massivo, é essencial que as atividades da operação sejam consideradas desde o início. A importância das definições no desenho é permanentemente mencionada, pois permite efetuar um plano de obras e valorizar um orçamento correto para que o empreendimento seja bem-sucedido.

A partir da ampla discussão sobre o que deve ser levado em conta para que um projeto tenha um resultado bem-sucedido, chega-se ao consenso de que as atividades que devem ser consideradas são as mostradas na Figura 6.1.

Figura 6.1

"Atividades do Modelo de Operação a serem consideradas na etapa de desenho"

Fonte: ALAMYS.

6.1.1. Antecedentes básicos

Para desenvolver um modelo adequado de operação da linha nesta etapa de desenho operacional, normalmente utiliza-se como boa aproximação o nível de procura calculado para o primeiro ano de colocação em operação do projeto, contudo, para as dimensões futuras, utiliza-se a esperada para aquele ano. Com o anterior, é possível desenhar os requerimentos de equipamentos e sistemas que permitam o padrão definido, seja pelo Grau de Automatização, pelos sistemas de sinalização, pela pilotagem e comando, pelas zonas habilitadas para o estacionamento de trens e de conexão, entre outras linhas no caso de existir.

Também uma das definições necessárias para o desenho é que, desde o início, o horário de operação em dia útil normal seja considerado e, eventualmente, uma menor extensão nos dias sábados e feriados. Da mesma forma, é relevante estabelecer a velocidade limite da operação (normalmente é projetada para 80 km/h).

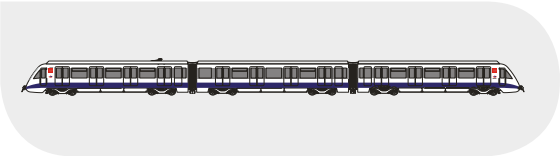
Outras definições correspondem ao intervalo de operação e ao estacionamento noturno de trens, seja em espaços habilitados em linha, em estações terminais, em estacionamentos e/ou nas próprias estações.

6.1.2. Material Rodante

O material rodante deve ser estabelecido a partir das definições ou dos supostos básicos, considerando o nível de procura, o intervalo, a longitude da linha, e outras variáveis adicionais do projeto. Nisto, sua determinação deve passar pela padronização, onde a longitude, o comprimento e a capacidade são as chaves para uma adequada consistência entre os supostos de operação, as obras civis, os equipamentos e os sistemas.

Figura 6.2

"Exemplo de Material Rodante: série 8000 1ª do Metrô de Madri"



Fonte: Metrô de Madri.

Da perspectiva anterior, um dos parâmetros a salientar no material rodante é seu padrão de desenho, no qual a capacidade está ligada com a densidade permitida no projeto, medido em pas/m2 ; e nisso não há necessariamente uma única definição. Normalmente se chega à conclusão de aceitar as condições determinadas pelo fabricante, que em geral na América Latina sugere 6 pas/m[15].

6.1.3. Condições de operação e Grau de Automatização

Outros dos elementos relevantes no modelo de operação, são as condições de operação da linha: se será desenvolvida uma operação de terminal a terminal, operação em anel, ou uma operação "expressa", etc.

As condições resultantes para o desenho dependem dos parâmetros mencionados anteriormente, para o qual a definição da procura esperada do projeto é chave, bem como o padrão de serviço, o que finalmente conduz à condição de velocidade comercial e à de operação da linha.

Sob as condições que cheguem a ser especificadas, se contará então com a frota operacional e, com isso, também será possível definir as condições do material rodante de reserva ou de manutenção.

Foi mencionado que essa elucidação é uma das atividades críticas do projeto, pois torna rígidos muitos dos elementos em relação aos equipamentos e os sistemas, e define as condições resultantes para as obras civis, que não têm possibilidade de mudar quando elas são definidas. Portanto, é fundamental que essa tarefa seja desenvolvida por empresas de engenharia que cumpram com os requisitos técnicos e com experiências comprovadas, pois se deverá decidir que tipo de linha se deseja construir.

15 Passageiro por metro quadrado.

Para isso, a definição do Grau de Automatização é fundamental, com uma visão do ponto de vista dos custos de implementação, ainda quando ficou estabelecido que, quanto maior a automatização, também aumentam os níveis de segurança.

O caminho crítico é decidir qual será o Grau de Automatização da condução dos trens, pois a partir disso são definidos os sistemas integrais restantes, que basicamente correspondem aos sistemas de sinalização e aos centralizados de monitoramento e controle.

Assim, é significativo lembrar que existem cinco categorias de automatização (*Grade of Automation* (GoA, na sigla em inglês), classificadas em função da participação do fator humano e de sua complementação com os sistemas automáticos, desde a completa interação do operador de trem na movimentação do trem, e até chegar a não precisar do operador de trem. Elas correspondem a:

- *GoA 0:* é o nível mais básico de todos, ficando tudo sob a responsabilidade do operador de trem, sem limitações de velocidade ou de proteção da sinalização.
- *GoA 1:* tanto os equipamentos de terreno, como os do trem, contam com algum tipo de automatismo para proteger os movimentos do trem. Por exemplo, estabelecem o limite da velocidade máxima.
- *GoA 2:* o trem é capaz de circular por si só e sem intervenção humana, dando a partida, adequando a velocidade com a marcada pelo controle do tráfego e realizando a detenção na estação. Embora isso, continua existindo a figura do operador de trem, que se encarrega das operações de troca de passageiros, de informar-lhes sobre incidências, e supervisiona a direção o tempo todo, tornando-se responsável dela se a operação automática não está pontualmente disponível. Com frequência também é utilizada a sigla anglo-saxónica STO (Operação Semiautomática do Trem, em português) para designar esse tipo de operações. Este é o nível mais frequente nas redes de sistemas ferroviários metropolitanos, e destaca-se que aqui entram soluções de bloco móvel; de bloco fixo, mas com funcionalidade de Operação Automática do Trem (ATO); ou *Communication-Based Train Control* (CBTC).
- *GoA 3:* o trem é capaz de operar de forma totalmente autônoma, embora continua empregando pessoal a bordo. Ele se encarrega de supervisionar as operações de abertura e fechamento de portas; as tarefas comerciais e de atendimento ao passageiro; e somente às vezes- no caso de falha do sistema de condução automática- assume a condução do trem, em um modo degradado ("DTO" em inglês).
- *GoA 4:* é o máximo nível de automatização, no qual a operação completa é realizada sem nenhum tipo de intervenção humana. Nele todos os sistemas estão integrados em um conjunto formado pela sinalização da via, pelos mecanismos que a protegem da intromissão ou da queda de passageiros, pelo material rodante e pelo Centro de Controle do Tráfego, que se encarrega de operar todos estes elementos de forma integral. Somente quando este nível é atingido uma linha pode ser qualificada como um autêntico sistema de operação de trens sem supervisão ("UTO", em inglês).

Geralmente toda esta categorização é utilizada em sistemas ferroviários metropolitanos, embora seja também facilmente aplicável em qualquer outro sistema ferroviário, de média ou longa distância. Porém, a constituição dos níveis superiores de automatismo depende não somente do sistema de controle, mas também da implantação de medidas adicionais que garantam a total segurança e a consistência da operação. Assim, um GoA 4 torna a instalação de portas de plataformas imprescindível (Figura 6.3), as quais evitam a queda de pessoa nas vias e faz com que as operações de transferência de passageiros sejam realizadas sob as melhores condições de segurança.

Outra definição relevante é o nível de automatismo que se deseja ter nas estações para

o atendimento aos clientes, onde as máquinas de venda automática de bilhetes têm um papel fundamental, por exemplo.

Contudo, os graus de automatização de uma linha devem ser definidos, no início, de acordo com os seguintes critérios de avaliação:

- Econômicos
- Qualidade do serviço
- Vulnerabilidade
- Funcionais à operação

Figura 6.3

"Puertas de Andén en estação de línea 4 del Metrô de São Paulo, operada por ViaQuatro"

Fonte: ALAMYS.

6.1.4. Padrões de circulação

Em termos gerais e independentemente do modelo de operação a ser utilizado diariamente, é extremamente útil e necessário manter a flexibilidade operacional que permita aumentar a oferta de transporte em horários de maior procura.

Entre essas medidas, recomenda-se estudar e definir se algumas estratégias de operação serão utilizadas, tais como: operação "expressa" (alternando estações na detenção do trem), retorno antecipado de trens em estações de manobra, seja ela de forma programada (anéis), ou conforme a procura (injeções), o envio de trens vazios desde os terminais para estações intermediárias e/ou a transferência de trens entre linhas existentes (se têm compatibilidade e enlace) em horário de operação.

De acordo com as características das linhas, é possível definir diferentes esquemas de operação nominal, os quais podem ser de combinados para elevar o nível do serviço fornecido, utilizando somente seus elementos básicos.

6.1.4.1. Operação - básica

Em geral, uma "manobra" corresponde a uma operação de terminal a terminal combinada com movimentos, os quais- no caso de estações terminais- são combinados com movimentos através de aparelhos de troca de via para essas manobras.

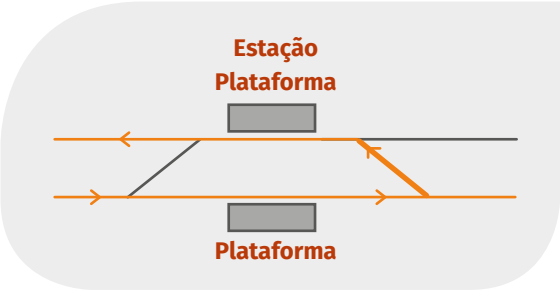
Em um primeiro nível, os movimentos de terminais podem ser divididos em dois tipos: manobra à frente ou manobra atrás da estação.

Manobra atrás da estação

Esta manobra corresponde à troca do sentido de circulação do trem utilizando a fila ou a plataforma de manobras na mesma estação. Utiliza-se o aparelho de troca de via mostrado na figura a seguir:

Figura 6.4a

"Esquema de manobra atrás da estação"



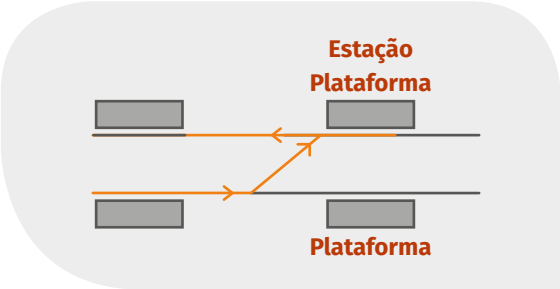
Fonte: Metrô de Santiago.

Manobra à frente da estação

Com este movimento troca-se o sentido de circulação do trem, utilizando o aparelho de troca de via localizado antes do ingresso da estação, conforme é mostrado na figura a seguir:

Figura 6.4b

"Esquema de manobra à frente da estação"



Fonte: Metrô de Santiago.

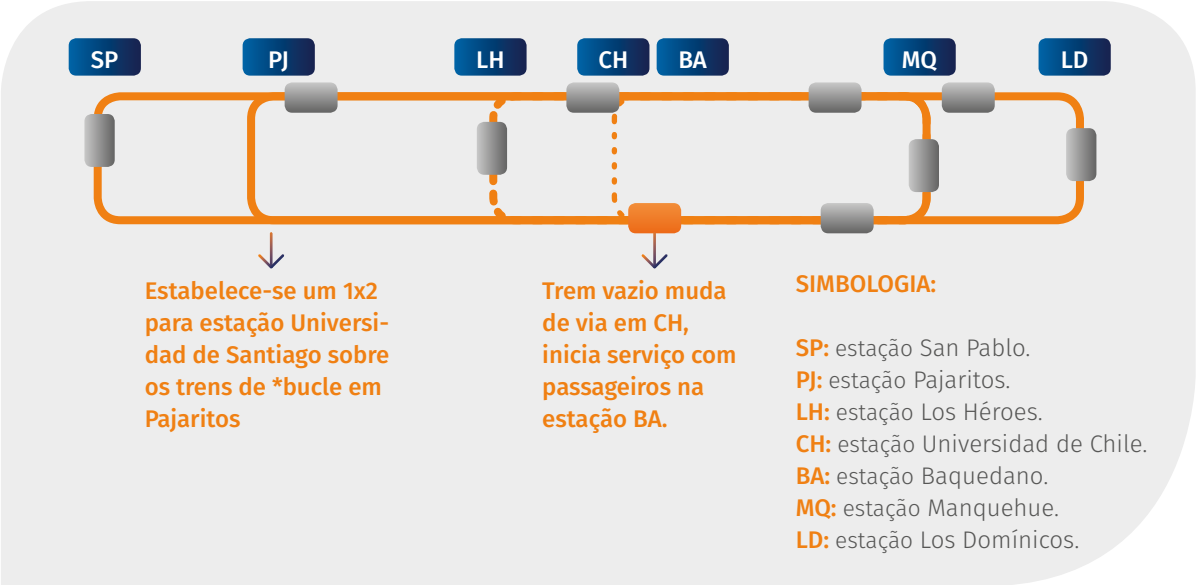
6.1.4.2. *Esquema de operação em anel*

O anel é uma operação programada na qual um ou mais trens realizam percorridos curtos, sem chegar necessariamente aos terminais, invertendo seu sentido de circulação por meio de um aparelho de via próximo de uma estação intermediária.

Dependendo da configuração de trocas da estação intermediária selecionada para realizar o anel, a troca de via será realizada com uma manobra à frente ou atrás da estação, utilizando uma zona de "manobra tipo" ou uma via auxiliar. Dessa forma, pode-se dizer que uma estação de anel é um tipo de terminal intermediário.

Figura 6.5

"Exemplo de operação em anéis no Metrô de Santiago"



Fonte: Metrô de Santiago.

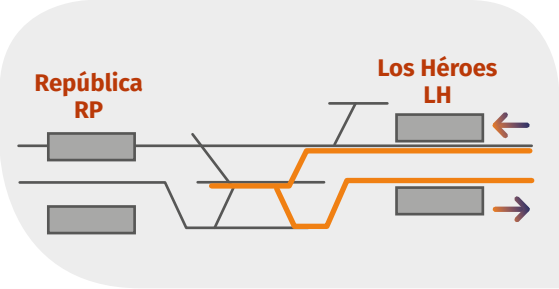
6.1.4.3. *Esquema de operação com injeção*

A injeção de trens é uma manobra não necessariamente programada, que consiste em inserir trens adicionais em uma estação determinada. Essa adição de oferta pode ser realizada de duas formas:

- Deslocamento de trem sem passageiros desde um terminal até a estação onde foi decidido iniciar o serviço.
- Realização de anel não programado em uma estação intermediária, que possui zona de manobras.
- Injeção de trens desde outras linhas, através do enlace em caso de existir interoperabilidade.

Figura 6.6

"Esquema de operação com injeção"



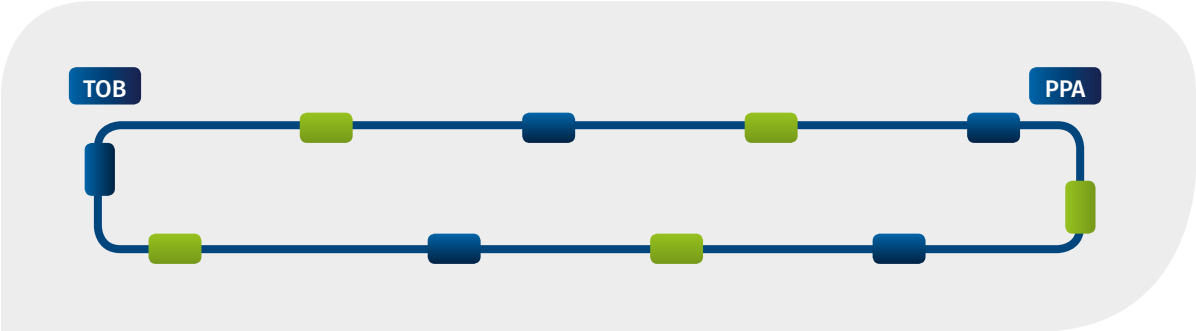
Fonte: Metrô de Santiago.

6.1.4.4. Esquema de operação "expressa"

A operação "expressa", normalmente utilizada no Metrô de Santiago pelo menos em três linhas, consiste em percorrer a linha, em uma mesma via, pulando algumas estações. Esta alternativa é caracterizada por oferecer maior velocidade para chegar ao destino, pelo fato de não parar em cada estação.

Figura 6.7

"Esquema de operação 'expressa', línea 4 de Metrô de Santiago"



Fonte: Metrô de Santiago.

6.1.5. Modos degradados

É importante definir, também, os modos degradados de operação possíveis de serem aceitos no projeto. Isto com o objetivo de responder oportunamente aos passageiros perante ocorrências na linha. Embora sejam manobras excepcionais, é importante considerar as características e sua forma de realização.

6.1.5.1. Socorro de trens

No caso de um trem precisar socorro de outro trem, eles deverão permitir ser conectados, para poder continuar sua circulação até o local escolhido por conta do imprevisto.

6.1.5.2. Serviços parciais

Nos casos em que ocorrer algum incidente na linha que resultar no cancelamento do serviço nessa zona, executam-se os chamados Serviços Provisórios (SP). Para sua realização, deve-se escolher uma estação que cumpra com as condições para realizar um retorno; isto é, que possa realizar as funções de terminal intermediário. Os circuitos formados entre as estações de serviço provisório escolhidas e o terminal respectivo, não deve conter a zona do incidente.

6.1.6. Movimento de trens em direção às oficinas

Uma característica dos trens que realizam uma viagem em direção às oficinas, é que não efetuam serviço com passageiros, portanto não realizarão paradas nas estações. Apesar disto, poderia acontecer que o trem precise se deslocar até lá enquanto opera com usuários, e nesse caso, dependendo da gravidade do incidente, deve ser realizada a evacuação dos passageiros em alguma estação intermediária ou completar a viagem até o terminal, para logo determinar a movimentação em direção às oficinas.

6.1.7. Zonas de Manobra

Dadas as características que se queira dar à linha, em termos de flexibilidade e de resposta a incidentes, é possível que sejam requeridas Zonas de Manobra na linha. Sua definição deve ser realizada para que seu impacto no serviço permita conferir um grau de melhora perante conjunturas. Para isso, destacamos a constituição de Via Z e Via de Enlace.

6.1.7.1. Via Z

A via Z é uma via secundária que se encontra inserida entre as principais, com a característica de permitir a realização de retornos de trens sem impedir sua circulação normal.

Figura 6.8

"Esquema Via Z na estação Los Héroes da linha 1 do Metrô de Santiago"

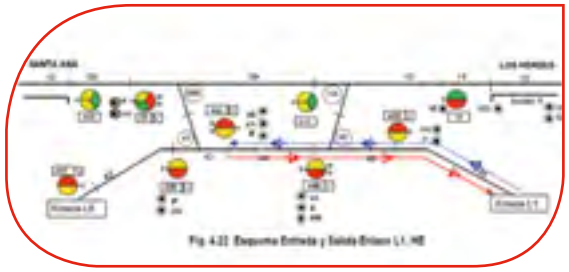
Fonte: Metrô de Santiago.

6.1.7.2. *Via de Enlace*

Esta é uma Zona de Manobra, viável somente em situações onde existir mais de uma linha. Trata-se de uma via secundária que conecta duas linhas permitindo a interoperabilidade e aumentando a resiliência da rede perante paralizações, distribuindo o material rodante desde uma linha à outra. A partir dessa perspectiva, deveria ser considerada no Modelo Operacional, sempre estando sujeita à existência de outra linha ou que nesta etapa seja definida uma futura.

Figura 6.9

"Esquema de Via Enlace na estação Los Héroes da linha 1 do Metrô de Santiago"



Fonte: Metrô de Santiago.

6.1.8. *Centro de controle*

6.1.8.1. *Centro de Controle Operacional (CCO)*

De maneira importante, a operação de uma linha requer um CCO, além de gerenciar funções conforme a organização definida e com as ferramentas apropriadas. Nesse contexto, basicamente o que se quer é comandar e controlar a circulação dos trens, dos sistemas de distribuição de energia, assegurar a informação aos passageiros e supervisionar as estações.

Figura 6.10

"Centro de Controle de Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB)"

Fonte: TMB.

Para esse efeito, se requer contar com um CCO que permita uma execução adequada das funções a seguir:

- Sistema de controle de tráfego
- Sistema de controle de estações
- Sistema de controle de energia
- Sistema de controle de comunicações
- Sistema de controle de segurança
- Sistema de gerenciamento e supervisão da manutenção
- Coordenação com outros sistemas
- Treinamento contínuo no local (consoles de treinamento)

O CCO deveria estar integrado, adicionalmente, pelas seguintes funções necessárias para uma gestão de operação adequada em todo momento.

6.1.8.2. ***Centro de Controle Operacional de Retaguarda (BCCO)***

Ele é necessário em caso de impossibilidade de operar a linha desde o CCO onde, no início, a existência de um centro *backup* localizado em outro lugar deve ser definido, e que seja habilitado para cumprir com todas as funções do CCO. Este é um trabalho relevante e essencial na operação de uma linha, e deve-se procurar em todo momento uma retaguarda que, pelo menos, conte com as funcionalidades críticas que permitam o desenvolvimento do controle da operação com total segurança.

6.1.8.3. ***Centro de Coordenação Geral (CCG)***

É importante que, no caso de uma rede (sistema com mais de uma linha), ela conte com um Centro de Coordenação Geral (CCG) que zele pelo seu equilíbrio, realizando o gerenciamento de todas as linhas em operação (convencionais ou automáticas).

6.1.8.4. ***Sala de Coordenação Geral (SCG)***

Seu principal objetivo é coordenar os eventos e/ou incidentes de diferentes níveis críticos que afetarem a operação normal da rede. Em todos aqueles casos em que algum dos centros de controle (CCO) não possa solucionar completamente um evento por si só, a SCG tomará decisões a respeito disso, com uma visão de rede.

6.1.8.5. ***Sala de Contingências (SC)***

Esta função permite separar a contingência da necessidade de estar informando a respeito dela aos passageiros, aos meios de comunicação e à opinião pública em geral. Esta dependência permite, sem interferir no desenvolvimento da solução à conjuntura operacional, manter esses públicos atualizados, validando oficialmente tudo o que for divulgado nessa sala.

6.1.8.6. ***Sala de Comunicações***

Esta função permite separar a contingência com a necessidade de estar relatando sobre ela para passageiros, mídia e opinião pública em geral. Essa dependência permite, sem interferir no desenvolvimento da solução para a conjuntura operacional, mantenha-se atualizado esses públicos, validando oficialmente tudo o que espalhar no dito quarto..

6.1.9. ***Segurança operacional***

Para desenvolver um projeto na operação que seja bem-sucedido é importante contar com requerimentos RAMS[16] para cada um dos sistemas definidos dentro do escopo, o que permitirá desenhar elementos fiáveis e altamente seguros de acordo com os padrões internacionais.

RAMS é uma característica desejável de um STPST, que é atingida mediante o uso de conceitos amplamente estudados e estabelecidos de engenharia, de metodologias, de ferramentas e de técnicas durante todo o ciclo de vida do projeto. É uma inter-relação de confiabilidade, de disponibilidade, de capacidade de manutenção e de segurança, sendo um indicador qualitativo e quantitativo que mostra o nível de confiabilidade de que o sistema, os subsistemas e os componentes que o integram funcionarão conforme o especificado e, pela sua vez, estarão disponíveis e serão seguros durante sua operação.

Juntamente com o anterior devem especificar os requerimentos que garantam a qualidade do

16 Acrônimo em inglês: *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (Confiabilidade, Disponibilidade, Capacidade de Manutenção e Segurança).

projeto ao longo de todo seu desenvolvimento, por meio de testes e ensaios, de controles, da calibragem de equipamentos, de relatórios de avanços, da gestão de observações, da documentação, da comunicação, da recepção, de auditorias e de vistorias.

6.2. Etapa de Colocação em Serviço

Quando a etapa das definições do Modelo de Operação já está realizada e, posteriormente, a execução da infraestrutura, do fornecimento e da montagem de equipamentos e sistemas, corresponde sua recepção provisória, que é realizada principalmente revisando todos os aspectos da instalação que estão incorporados nas especificações técnicas, tais como: o alinhamento de equipamentos, as condições de ancoragem e de torque dos elementos, os aspectos da rede de cabos, as funcionalidades, etc.

Neste contexto de recepção provisória, desenvolvem-se os testes dos equipamentos e sistemas, que serão iniciados com a apresentação do Certificado de Conformidade da instalação. Sua obtenção ocorrerá quando a montagem estiver finalizada, com a participação e aprovação direta da supervisão técnica e dos representantes da empresa mandante.

Adicionalmente, a verificação da segurança deverá ser alvo de especial atenção, como o caso dos níveis de isolamento e aterramento dos equipamentos de sistemas elétricos, o que permitirá prosseguir à sua alimentação elétrica sem colocar as pessoas nem os equipamentos em perigo.

No projeto elaborado pelo proponente, deverá ser revisado, verificado e controlado o avanço, a qualidade, o cumprimento das normas de desenho, etc.; por exemplo, inspecionando que os estudos de engenharia do material rodante sejam baseados nas normas internacionais e nacionais vigentes, entre outras variáveis.

A Figura 6.11, em termos gerais, mostra as tarefas que devem ser desenvolvidas para cumprir com o objetivo na etapa de Colocação em Serviço, e nas secções seguintes está a descrição de cada uma delas.

Figura 6.11

"Atividades necessárias para a Colocação em Serviço de um projeto de STPST"

Fonte: ALAMYS.

6.2.1. Testes funcionais em vazio e estáticos

Esta atividade requer padrões definidos para sua realização. Devem ser determinados os protocolos associados com esses testes que indicarão os instrumentos e as ferramentas que serão utilizados, o pessoal qualificado que vai prosseguir, bem como o registro dos testes para corrigir ou modificar o requerido para aprovar os testes em vazio ou estáticos. Estes procedimentos também devem indicar as medidas de segurança que serão requeridas, especialmente as que estão definidas nas normas nacionais ou internacionais, sob as quais os exercícios serão realizados.

Para desenvolver os ensaios funcionais por equipamento, previamente e com a antecipação necessária, devem ser revisadas todas as regulamentações descritas nos cadernos de testes, como também os insumos de medição e de comunicação requeridos para completar o *set* completo de sondagens.

Será condição que esses protocolos, entregues pelos contratantes, precisem de energização de equipamentos, seja em baixa ou alta tensão, corrente alternada ou corrente contínua.

O *set* de testes permite assegurar o cumprimento das especificações funcionais e técnicas, e confirmar que cada subsistema considerado individualmente funciona corretamente e está em condições para interconectar-se com os outros.

Se existirem anomalias neste ponto devem ser anotadas em uma ficha para seu acompanhamento, e assim garantir a rastreabilidade dos testes do equipamento até que a solução definitiva que eliminar o erro seja executada. Este registro deve ser ingressado em um sistema informatizado e processador de dados que deve ser disponibilizado para essa finalidade.

A classificação das irregularidades normalmente será regulada pelas seguintes condições:

- ***Anomalias bloqueantes:*** afeta a disponibilidade do equipamento; isto é, ele se detém depois de um tempo de funcionamento ou imediatamente não opera quando realiza a Colocação em Serviço.
- ***Anomalias graves:*** resistente aos trabalhos da maquinaria, mas não interrompe o trabalho. Porém, o comportamento é diferente do definido nas especificações.
- ***Anomalias leves:*** não cumprem com o determinado cem por cento, embora não perturba a disponibilidade nem a manobra do sistema.

A organização dos testes será realizada em rigorosa coordenação com o contratante, baseada nas restrições registradas nos já mencionados protocolos, para ter plena compatibilidade com as instalações que se encontram em operação para não produzir riscos ou degradações com outros subsistemas em serviço.

Os exercícios que representarem riscos de eletrocussão, ou de outro tipo para as pessoas, têm que ser programados mediante procedimentos de trabalho seguro. Eles deverão ser preparados pelo pessoal técnico dos contratantes, e aprovados pelo Sistema de Controle de Qualidade e pela área de Prevenção de Riscos.

Da mesma forma, contarão pelo menos com um detalhe dos ensaios que serão realizados, com a descrição de equipamentos e ferramentas que serão utilizadas, os riscos associados, as medidas de segurança requeridas, e as indicações sobre o que fazer em caso de emergência, explicitando os telefones de contato das pessoas responsáveis.

Além disso, devem ser exigidos os Certificados de Calibragem de todos os elementos que serão utilizados para a realização dos testes, e verificar que contem com certificações vigentes.

Em conjunto com os contratantes e os representantes do mandante, deve ser realizada a calendarização detalhada dos exercícios, estabelecendo dias e horários fixos. Esta programação será utilizada para difundir e restringir o acesso a setores que sejam afetados pelos testes, para prevenir acidentes. Especial atenção será dada aos testes de energização de catenárias, de cabos de alta e baixa tensão, e nas subestações.

6.2.2. *Testes funcionais de integração e dinâmicos*

Com a etapa de ensaios em vazio e estáticos cumpridas, deve-se continuar com os testes de integração dos subsistemas e dos sistemas definidos em seu entorno, e que estão determinados pelas interfaces diretas que eles possuem.

Aqui, o controle da intercomunicação de todos os elementos recupera relevância, especialmente no da montagem, pois ele está ligado com os diferentes sistemas que se interconectam, seja por um requerimento físico (canaletas de passagem de cabos, gabaritos dinâmicos do trem com elementos instalados nas vias, acessos à energia elétrica, etc.), ou aqueles que correspondem à transferência de dados e informações.

A gestão de interfaces deve ser considerada pelo menos nas verificações a seguir:

- Interface interna de um sistema
- Interfaces entre sistemas
- Interfaces entre sistemas e obras civis
- Interfaces com uma entidade externa do projeto

Para a organização dos testes de integração, a área técnica da supervisão terá uma participação

e envolvimento ativo na programação e no desenvolvimento dos testes mencionados. Principalmente, deve-se garantir a compatibilidade de tudo o que se quiser testar, e coordenar aquelas tarefas que otimizem recursos, isto é, as que, para um determinado teste de algum equipamento específico possam ser medidas com outros elementos que se comunicam com ela.

Por outra parte, os testes de integração dos sistemas e dos equipamentos que têm interface com a circulação dos trens devem ter especial relevância e correspondem a

- Material rodante.
- Sistema elétrico
- Equipamento de sinalização
- Sistemas de vias, etc.

A aceitação do funcionamento vai depender dos testes dinâmicos que sejam realizados com trens e com os sistemas.

Neste conceito, normalmente são classificados em dois níveis:

- As que verificam o funcionamento do sistema com seu entorno
- As que permitem revisar os requisitos apresentados nas especificações técnicas, para os parâmetros da operação e da manutenção

A supervisão técnica será responsável da organização destes testes, que determinarão:

- O ingresso individual e progressivo dos trens
- O requerimento dos recursos e as condições prévias
- Os princípios dos ensaios e dos critérios associados com o funcionamento
- As condições mínimas de aprovação do teste e as básicas de sua suspensão
- As considerações de segurança a serem usadas durante os testes dinâmicos

Cada experiência deve ser comunicada ao mandante do projeto, através de relatórios preparados especialmente, indicando todos os resultados obtidos e as condições de não cumprimento dos padrões que tenham sido detectados.

A recepção provisória de um sistema será realizada quando todas as reservas da categoria de "anomalias maiores" estiverem levantadas, mediante a comissão estabelecida pelo mandante que inclui a supervisão técnica e assinatura da ata respectiva.

Quando todos os testes de integração estiverem completados, e realizada a recepção provisória dos sistemas, se procederá à Operação Branca.

6.2.3. *Análise do desempenho da Operação Branca*

O conceito básico da Operação Branca é realizar a operação da linha sem passageiros, com todas as condições que foram estabelecidas no Projeto Executivo, e através das especificações funcionais. Seu início dependerá da emissão de todas as autorizações emanadas pelas equipes de segurança do projeto.

Os certificados de segurança serão revisados e aprovados pela supervisão técnica, com o propósito de conseguir as autorizações previstas nos prazos determinados.

Deve-se verificar, antes do início da operação comercial, que o contratante já conte com os certificados de habilitação ferroviária do material rodante, emitidos pela autoridade competente definida para essa função.

Adicionalmente, deve se estabelecer uma série de indicadores chaves de desempenho (KPI) com os quais o sistema completo será revisado e ajustado com os parâmetros operacionais estabelecidos. Os principais são:

- IIntervalo mínimo possível entre trens (segundos)
- Tempo de percorrido por cada uma das vias e da volta completa (minutos e segundos)
- Tempo de parada nas estações intermediárias e nas estações terminais (segundos)
- Velocidade máxima e comercial (km/h)
- Andamentos tipo, combinação de tempos de percorridos e de detenção (minutos e segundos)
- Modos de condução, em regime e degradada
- Sinalização de espaçamento e de manobra
- Controle dos trens e dos equipamentos
- Comunicações operativas, qualidade, tempos e respostas por zonas
- Desempenho de conforto relacionados com a frenagem, a aceleração, em curvas e inclinações (*Jerk*).

Quando os testes estiverem realizados, deve-se emitir a aceitação de cada um dos trens para continuar com a seguinte etapa: incorporação na operação comercial.

6.2.4. Definição do mapa de processos

A organização deve estabelecer o mapa de processos que vai reger a gestão operacional da empresa. Para isso, deve documentar, implementar e manter um sistema de gestão que permita melhorar continuamente os níveis operacionais, de acordo com os padrões definidos nos KPI.

Assim, os processos necessários para o sistema de gestão operacional e sua aplicação por meio da vida do projeto devem ser finalizados, entendendo que serão esses procedimentos os que vão reger as ações operacionais.

Nesse contexto, a sequência e a interação destes processos devem ser determinadas em primeira instância, e também estabelecer os critérios e os métodos necessários para assegurar que tanto a operação quanto o controle sejam eficazes.

Logo, será realizado o acompanhamento, a medição quando for aplicável, e a análise respectiva do realizado, bem como também a implementação das ações necessárias para atingir os resultados planejados.

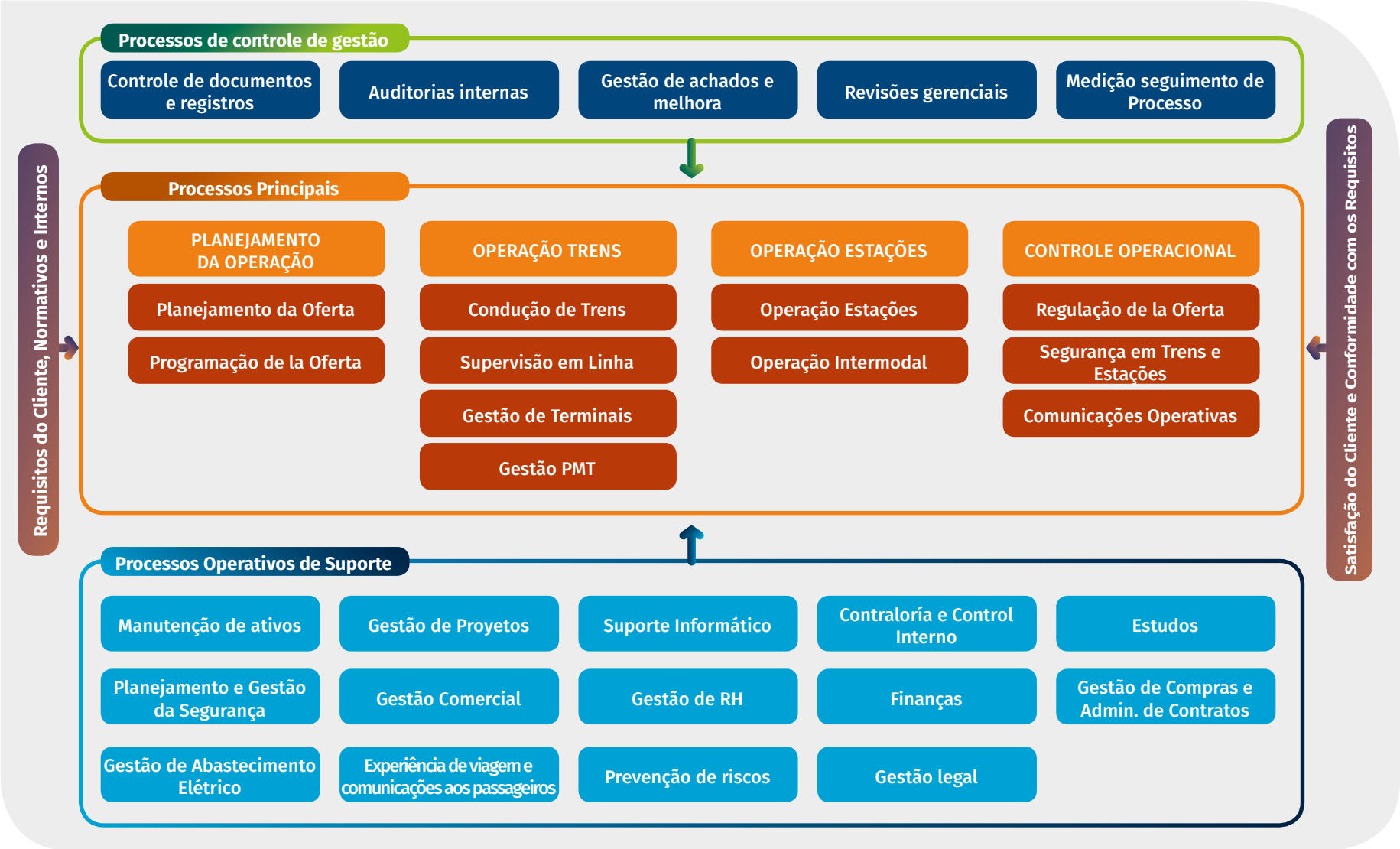
Contudo, as competências necessárias para o pessoal que realiza estes trabalhos devem ser definidas e, quando for aplicável, corresponderá capacitá-los para conseguir a competência necessária, avaliar a eficácia das ações tomadas, e garantir que os trabalhadores estão conscientes da pertinência e da importância dos seus trabalhos, e de como eles contribuem na conquista dos objetivos de qualidade.

Na Figura 6.12 entrega-se de forma geral um exemplo de mapa de processos, onde é visualizada a relação dos principais, de controle, na qual são definidos os KPI de desempenho, bem como os processos de apoio necessários para cumprir com o trabalho central.

- *Processos de controle de gestão:* é um procedimento administrativo que serve para avaliar o grau de cumprimento dos objetivos organizacionais previstos pela direção.
- *Processos principais:* permitem gerar o serviço central entregue ao cliente. A existência das organizações de STPST têm sentido somente se satisfazem as necessidades dos usuários. Com base na gestão correta destes processos, considerando seus requisitos, a identificação e a definição, os objetivos estabelecidos são atingidos.
- *Processos operativos de suporte:* abrangem as atividades de apoio requeridas para o correto funcionamento dos processos principais.

Figura 6.12

"Exemplo de mapa de processo da operação"



Fonte: ALAMYS.

6.2.5. Formação do pessoal

Os objetivos chaves durante a operação comercial em um STPST são a qualidade e a segurança no serviço. Estes aspectos são especialmente críticos durante a Colocação em Serviço. Para obter resultados de acordo com os objetivos chaves, é necessário cumprir com os procedimentos e desempenhar as tarefas profissionais dos diferentes postos de trabalho, com as habilidades e os conhecimentos necessários em cada caso.

Assim, é necessário formar convenientemente o pessoal, tanto nas etapas iniciais, como ao longo de toda a vida profissional, com atualizações e treinamentos constantes.

A formação especializada é especialmente importante para os empregados da área de operação e de manutenção, que representam a maior força de trabalho, sendo um treinamento constante que, por sua especialização, deve ser realizado normalmente no interior dos STPST.

Se esta capacitação não for realizada com a eficácia e a qualidade que as atuais metodologias e as novas tecnologias docentes nos oferecem, é possível incorrer em três efeitos perniciosos e que devem ser evitados:

- Excessivos gastos de formação pela utilização de metodologias presenciais passivas, que não conseguem ensinar as habilidades necessárias aos alunos.
- Riscos de mau exercício que afetem a qualidade e a segurança do serviço, provocando elevados gastos por falhas ou acidentes, e da imagem perante os clientes e a opinião pública.
- Uso desnecessário dos trens e das instalações para atividades de formação, em vez de serem utilizados no serviço aos passageiros.

Frequentemente, para redes de grande tamanho, a otimização da capacitação se consegue por meio da implantação de centros de formação da operação que contam com sistemas e instalações avançadas e específicas para essa tarefa.

Uma prática muito boa é a colaboração entre os departamentos pioneiros da universidade, que desenvolvem tecnologias avançadas de simulação e de metodologias formativas avançadas.

6.3. Etapa de operação

No início da operação comercial (ou operação do serviço), é relevante ter uma visão integral e sustentada do negócio, com objetivos e resultados esperados no longo prazo, com o qual a gestão de uma nova linha é iniciada.

Com este marco e igualmente à etapa de desenho de um projeto de STPST, seja antes de entrar na operação de uma linha e, considerando que entre a etapa de desenho, de construção, de colocação em serviço e de operação pode passar um período longo, será necessário ajustar alguns parâmetros associados com a gestão própria da operação, sendo como primeira tarefa a revisão das estimativas de demanda visando ter a mesma ação no plano de operação.

Nesta fase, deve ser preparada para sua execução, no caso de qualquer eventualidade- a gestão degradada do serviço, os planos de emergência, os protocolos e os sistemas de gestão das comunicações (seja em normalidade como em contingência), e a gestão da energia, elementos que são descritos de forma genérica a seguir.

Figura 6.13
"Atividades necessárias para a operação de um projeto de STPST"

Fonte: ALAMYS

6.3.1. Proceso de oferta e demanda

Faz parte deste ajuste, como primeiro objetivo então, o planejamento da produção para o futuro da operação, com a finalidade de garantir um serviço eficiente e de qualidade, de acordo com os padrões de serviço definidos no projeto.

Adicionalmente, um segundo objetivo é a determinação de parâmetros de serviço, já na própria operação conforme:

- Distribuição da frota para períodos de pico, e períodos de horário normal, onde são consideradas variáveis como:
  - Frequência
  - Nível de oferta
  - Densidade esperada
- Orçamento CKM, variável essencial para o Plano de Manutenção

Para cumprir com o anterior, devem ser realizadas diversas atividades a partir do *input* de projeção de demanda. Com esta informação deve ser elaborado o estudo do dimensionamento de frota, que acompanhe os requerimentos da demanda projetada que iniciará a operação do projeto.

Estes resultados podem ser validados contrastando as margens entregadas pelos indicadores de densidade, de intervalo, de frequência em relação aos de desenho, etc. Nesta definição deve ser considerada a frota de trens de reserva para manutenção e reserva operacional.

A distribuição ou dimensionamento dos trens permite entregar as frequências nos períodos principais de operação de um dia de trabalho, como para dias sábados e feriados.

Em referência ao anterior, pode-se entender que os *inputs* principais deste processo de ajuste correspondem a:

- Projeção de demanda
- Padrões de qualidade de serviço
- Velocidades comerciais das linhas em diferentes períodos
- Requerimentos de trens (reservas, projetos, etc.)
- Definições operacionais
- Comprimentos das linhas.

O entregável desta etapa é o planejamento da produção com a capacidade de entregar as projeções de:

- Distribuição e designação de frota para a operação
- Orçamento CKM

Com essa informação, também é possível estabelecer uma estimativa dos custos para a energia, a manutenção de trens, a partir dos planos de manutenção e CKM projetados, e das horas de condução no percorrido dos trens.

6.3.2. Gestão degradada do serviço

A gestão degradada corresponde às ações da operação no caso de eventos que provocam impactos nos sistemas de operação, afetando na qualidade do serviço e na infraestrutura da rede.

Para enfrentar essas ocorrências, devem ser estabelecidos protocolos de ação e procedimentos para cada uma delas, com base nos impactos associados e estabelecendo as novas características de operação, incluindo uma análise de risco para os níveis de segurança, de qualidade e de serviço.

Essas recomendações deverão incluir experiências de outros operadores de STPST, com características similares às das linhas que serão construídas, no tocante a sistema de condução e aos níveis de demanda.

Entre os eventos relevantes que podem afetar a qualidade do serviço e a segurança da rede, estão as situações de emergência que são descritas a seguir.

6.3.3. Gestão de emergência

Em termos gerais, espera-se que a gestão de emergências seja muito similar entre os diferentes

tipos de projetos de STPST, e suas diferenças somente correspondam à especificidade própria do entorno e de como cada empresa estiver organizada para a gestão das crises. Como recomendação, propõe-se uma série de elementos necessários de incorporar na Gestão de Emergência, tanto das considerações normativas globais como locais de cada país, como dos processos de STPST a serem considerados.

Como âmbito global, propõe-se desenhar um Plano Corporativo de Emergências (PCE) em estações, em trens, em túneis, em vias, em oficinas e em outras áreas, e devem conter as normativas para enfrentar situações de emergência nas redes de STPST.

Cada projeto deve elaborar o PCE junto com as áreas diretamente relacionadas com a operação, com uma periodicidade adequada e conforme as mudanças que o funcionamento do sistema apresentar, para introduzir as modificações que sejam necessárias no caso de circunstâncias que assim o requeiram, como por exemplo, mudanças nos procedimentos operativos, introdução de elementos de emergência com novas tecnologias, modificações na rede ou na organização da empresa, etc.

O PCE deve ser desenhado para enfrentar situações que podem colocar as pessoas, as instalações, ou os equipamentos em risco, além de causar uma alteração grave no serviço de transporte. Entre elas, é possível indicar as seguintes:

- Emergência por corte de energia
- Emergência por movimentos sísmicos
- Emergência por incêndio
- Emergência por enchentes
- Emergência por tentativa de suicídio
- Emergência por descarrilamento ou colisão
- Emergência por objetos abandonados e ameaça de atentados a bomba
- Emergência por filtração ou vazamento de produtos perigosos
- Emergência por assalto em uma bilheteria
- Emergência por distúrbios

Cada empresa de acordo com sua cultura, contará com uma estrutura que lhe permita gerir com rapidez e eficácia cada situação de emergência que se apresentar. Nesse ordenamento deveria existir um conjunto de funções e cargos definidos previamente. Como por exemplo:

- *Chefe Geral de Emergências:* esta função idealmente será exercida por quem estiver a cargo do posto de comando central do sistema, quem coordenará as ações a serem tomadas para superá-la. Quando o Estado de Alerta estiver declarado, as diferentes áreas envolvidas nos processos terão que se colocar à disposição do Chefe Geral de Emergências.
- *Chefe Local De Emergências:* de acordo com o tipo de incidente será definido um Chefe Local de Emergência, podendo ser:
  - Chefe de Estação: incidente na estação (evacuação, incidentes vários, suspensão da venda de bilhetes, incêndios).
  - Operador de Trem: emergência do trem no túnel, viaduto ou estação..

Nas estações, nos trens, nos túneis e nas vias, recomenda-se disponibilizar diversos elementos para enfrentar situações de emergência, os quais, em geral, estão definidos nas regulamentações de segurança de cada comunidade.

No final de qualquer uma das emergências descritas no Plano, conforme as boas práticas de diversos sistemas na ALAMYS, recomenda-se que a área encarregada elabore um relatório com os detalhes sobre a origem, o desenvolvimento e as consequências da emergência, bem como as conclusões, as experiências e as recomendações que possam resultar, com a finalidade de determinar se os procedimentos executados foram os mais adequados, ou se é necessário modificar as disposições vigentes.

Os relatórios pós-emergência deverão incluir, entre outros e sem implicar alguma restrição, os antecedentes a seguir:

- Identificação da emergência (sismo, incêndio, enchente, suicídio, colisão, etc.
- Lugar, data, hora de início e de finalização
- Pessoas afetadas (mortas, feridas)
- Instalações e/ou equipamentos afetados
- Antecedentes em caso de interrupção do serviço de transporte (se corresponder)
- Causa ou origem da emergência

- Pessoal próprio que interveio para superar a emergência
- Ajuda externa recebida
- Elementos de emergência utilizados
- Execução do plano de emergência
- Dificuldades encontradas
- Observações e recomendações
- Outros antecedentes relacionados com o desenvolvimento e a superação da emergência

Como algo importante, recomenda-se elaborar periodicamente um programa de simulações de emergências a ser desenvolvido, procurando que cada exercício possa abranger uma emergência. Nessa simulação as áreas de operação, de manutenção e de recursos humanos devem estar envolvidas.

Quando realizado um destes ensaios, ele é concluído com um relatório de acordo com as diretrizes que tenham sido definidas anteriormente, para o qual também poderão ser utilizados os antecedentes próprios disponíveis em uma simulação, como as gravações em vídeo e as anotações realizadas por observadores localizados estrategicamente, de acordo com o disposto no plano previamente preparado para a realização do evento.

Sem dúvida, nos programas de capacitação deverão ser incluídos módulos de instrução ou de reciclagem (novo treinamento), com a participação do pessoal que deverá intervir em situações de emergência.

Finalmente, um dos pontos centrais de uma boa Gestão de Emergências, é que o PCE deverá conter procedimentos detalhados específicos, incluídas todas as situações esperadas e cada um dos locais e atividades que são desenvolvidas, seja ela em túneis, em vias, em estações, em oficinas, no entorno próximo, etc., as quais, e sem ser exaustivas, devem contar pelo menos com:

- Procedimento em caso de pessoa (s) que cai (em) na via
- Procedimento em caso de objetos abandonados ou esquecidos, ou perante elementos perigosos
- Procedimento geral em caso de enchente
- Procedimento em caso de incêndios
- Procedimento geral em caso de terremoto
- Procedimento em caso de corte geral de energia
- Procedimento de evacuação de um trem em plena via

6.3.4. Gestão de comunicações operacionais

Na fase de operação de uma linha de STPST, a gestão das comunicações adquire vital importância, seja entre os diferentes participantes da empresa no processo propriamente dito, ou nas comunicações com os usuários e/ou com o entorno do sistema de transporte público.

A seguir são apresentadas algumas considerações relevantes que devem estar nos sistemas de comunicações.

a) *Redes de comunicação:*

- Análise e desenho de redes multisserviço: elaboração e análise de critérios de desenho das redes. Especificação funcional. Apresentações e análises de diferentes tipos. Soluções específicas para metrôs. Estudar a conveniência de implementar redes de dados separadas e independentes para os sistemas de emissão crítica, e os sistemas informáticos padrão.
- Rede multisserviços: desenho e arquitetura para a rede multisserviços. Especificação de equipamento do sistema.
- Rede de comunicações e equipamento portátil de estações: apresentações e análises de diferentes tipos de redes, e de tipos de equipamentos portáteis para estações. Estudar a conveniência de implementar uma rede sem fio em espaços independentes para os sistemas de missão crítica e os sistemas informáticos padrão.
- Análise e desenho de sistema de comunicação trem-terra (direcionado à integração com os sistemas de equipamentos nas estações): análise do estado da arte e interfaces dos

sistemas de comunicação trem-terra. Estudo da utilização de frequências dos diferentes sistemas e compatibilidade com a normativa.

b) *Sistema de telefonia:*

- Sistema de telefonia administrativa: elaboração e análise do desenho do sistema de telefonia administrativa. Apresentações e análises de tipos de centrais telefónicas. Análise de integração com outros sistemas. Análise do estado da arte dos sistemas de telefonia dirigidos aos STPST.
- Análise e desenho do sistema de telefonia operativa: elaboração e análise do desenho do sistema de telefonia operativa. Especificação funcional. Apresentações e análise de tipos de centrais. Análise do estado da arte dos sistemas de telefonia dirigidos aos STPST.

c) *Sistema de radiocomunicações:*

- Elaboração e análise do desenho do sistema de radiocomunicações: especificação funcional. Apresentações e análises de tipos de diferentes soluções em radiocomunicações. Análise de integração com outros sistemas. Análise de integração com radiocomunicações de outras linhas existentes. Estudo do uso de frequências no interior do metrô em relação com outros sistemas sem fio e compatibilidade com a normativa. Análise de continuar utilizando as mesmas frequências utilizadas atualmente, ou mudança para novas frequências com seu impacto legal. Análise de cobertura e de disponibilidade do sistema indicação de testes de recepção. Especificação do equipamento do sistema. Especificação do sistema de monitoramento e controle dos sistemas. Especificação do tipo de modelagem de cobertura a ser solicitado.

d) *Sistemas de gravação de voz:*

- Análise e desenho do sistema de gravação de voz: elaboração e análise do desenho do sistema de gravação de voz. Especificação funcional. Análise de integração com outros sistemas.
- Especificações técnicas e funcionais do sistema de gravação de voz: desenho e arquitetura para o sistema de gravação de voz. Especificação funcional. Análise de integração com outros sistemas.

e) *Sistema de informação aos passageiros.*

- Análise e definição de critérios de desenho para o sistema de informação para todos os passageiros: desenhar e operar um sistema de informação para todos os passageiros, mediante a realização de um estudo de alternativas para diferentes tipos de sistemas de informação.

6.3.5. Gestão de energia

TTalvez o insumo mais relevante dos projetos de STPST é a energia e pode chegar a representar uma parte importante dos custos de operação.

Da mesma forma, na atualidade as políticas de responsabilidade social têm levado a atividade a comprometer, por uma parte, o desenvolvimento de planos de eficiência energética e, por outra, a implementar o uso de Energias Renováveis Não Convencionais (ERNC), em concordância com as políticas energéticas de cada país.

Figura 6.14

"Projeto Fotovoltaico El Pelícano (ERNC) que energiza ao Metrô de Santiago"

Fonte: Metrô de Santiago.

Nesse sentido, o primeiro passo é que as empresas tenham uma política energética eficaz e sustentável.

Quando a política energética estiver formulada, devem ser implementadas ações com tendência ao seu desenvolvimento prático, como por exemplo, a efetuada no Metrô de Madri desde 2012[17].

Em relação à operação de nova linha, a gestão da energia deve ser consistente com os usos e consumos dentro dos diferentes locais onde a operação do serviço é realizada. Além disso, devem ser incorporadas ferramentas adequadas de monitoramento, de medição e de controle.

Esse sistema deve considerar ferramentas para conseguir comandar e supervisar os estados e consumos de energia nas estações, nos túneis e nas oficinas, de acordo com critérios operacionais de gestão de eficiência do insumo estabelecido na política.

Assim, a implementação de medidores de energia é recomendável, distribuídos tanto nos painéis de distribuição como nos principais equipamentos que utilizem muita energia nas estações, nas oficinas e nos prédios administrativos, tais como escadas rolantes, elevadores, ventilação, bombas, entre outros.

Os medidores devem permitir o monitoramento e a análise dos consumos de energia, segmentado por seus usos e por zonas, como estações, oficinas e prédios.

17 Revisar mais informação em: https://www.metromadrid.es/es/comunicacion/prensa/2015/Septiembre/noticia08.html

6.4. Relações com a Comunidade e o Meio Ambiente

Durante a etapa de operação do projeto, e dependendo dos processos de relacionamento com a comunidade e a análise ambiental desenvolvidos na etapa de planejamento, deverá ser realizada a implementação dos planos definidos.

6.4.1. Relações com a comunidade

A gestão da continuidade das relações será chave, evitando que a comunidade sinta que a empresa concluiu seu projeto e não se preocupa mais dos problemas ou das oportunidades que possam surgir.

O início das operações de uma nova linha ou instalação necessária para o funcionamento comercial requererá um sistemático trabalho de relações comunitárias, cujo principal desafio é evitar "abandonar" a relação com os atores locais quando o processo de construção tiver acabado, capitalizando os laços construídos com o entorno, e enriquecendo o vínculo permanente com os vizinhos e as vizinhas.

É muito importante realizar as conexões no interior da empresa entre as equipes sociais que participaram da construção e da operação, para fortalecer tudo o que corresponder à formação de usuários, que de antemão deve ser considerado no plano de gestão social do projeto.

Para isso, é necessário gerar mecanismos que permitam que o vínculo estabelecido durante todas as fases anteriores se mantenha no tempo, embora tenha menor frequência e intensidade.

Assim, as relações com a comunidade deverão ser consideradas como um âmbito mais da gestão das operações.

Será relevante contar com uma avaliação periódica da comunidade sobre os efeitos, os problemas e as oportunidades que as operações têm no seu entorno, e também contar com mecanismos eficientes para sua resolução.

Tabela 6.1

TAREFAS
1. Gestão da transição da construção à operação.
2. Atualização sistemática da informação sobre os atores sociais relevantes para a operação.
3. Avaliação das percepções das pessoas da comunidade sobre o desempenho da empresa e seus contratantes.
4. Manter o vínculo com os municípios e a comunidade, para a procura permanente de oportunidades de coordenação, sempre no marco de ação da empresa.
5. Garantir que os compromissos adquiridos nas etapas anteriores, referentes à operação, façam parte da gestão e contem com um responsável para sua execução.
6. Manter o sistema de gestão de queixas e resolução de conflitos ativos.
7. Desenhar e implementar novas estratégias de relacionamento que permitam fortalecer as relações de confiança e a blindagem social, mitigando riscos operacionais.

A medição de cada uma das ações do relacionamento com a comunidade permitirá manter controladas as ações que sejam realizadas, gerará bancos de dados de monitoramento e permitirá analisar o impacto das ações.

6.4.2. *Meio Ambiente*

Na etapa de operação do projeto, todas as medidas ambientais desenhadas nos estudos prévios deverão ser executadas, visando dar cumprimento à legislação respectiva, considerando-se pelo menos o seguinte:

- *Plano de medidas de mitigação, reparação e compensação:* ccom o objetivo de eliminar, minimizar, reparar, restaurar ou compensar os efeitos ambientais adversos do projeto.
- *Plano de prevenção de contingências e de emergências:* com a finalidade de controlar as eventuais situações de risco ou contingência identificadas.
- *Plano de acompanhamento das variáveis ambientais relevantes:* executar um sistema de controle de cada uma das variáveis ambientais definidas. Por exemplo: monitoramento de barulho e de vibrações, registro, gestão e disposição final de resíduos, monitoramento dos relacionamentos comunitários, controle da contaminação de águas superficiais e subterrâneas, etc.
- *Implementação de planos e programas sustentáveis:* como os de eficiência energética e uso de ERNC.

6.5. Conclusões

Após a obtenção do Certificado de Conformidade da Instalação (construção), e com a participação e aprovação direta da supervisão técnica e dos representantes da empresa mandante, as fases operacionais do projeto serão iniciadas, começando com a Colocação em Serviço, etapa em que as atividades de testes funcionais são cruciais, de integração e dinâmicas, análise e avaliação de desempenho na Operação Branca, e a elaboração de mapas detalhados de ações e capacitação do pessoal a cargo deste processo.

Durante a operação propriamente dita do sistema, deve-se ter em mente que o principal foco é o usuário, no sentido de que é necessário cumprir com os padrões de qualidade e com as melhores práticas da indústria, tornando-se ferramentas que permitam adicionar valor mediante a melhora da experiência de viagem dos usuários e pela otimização do funcionamento do transporte.

Além disso, é indispensável ajustar os estudos de demanda de serviços, modificando a operação às condições em mudança da rede intermodal e ao crescimento próprio da cidade.

Em relação ao consumo de energia requerido, é recomendado desenhar e implementar planos de economia energética e, no possível, o uso de ERNC, visando a sustentabilidade do projeto.

Durante a operação, as relações com a comunidade estarão direcionadas a manter informação sistematizada dos atores relevantes do entorno, avaliar a percepção dos vizinhos e vizinhas em relação à qualidade do serviço (com a finalidade de adotar as correções possíveis), garantir o cumprimento dos compromissos nas etapas anteriores do projeto, manter o sistema de satisfação de queixas e resolução de conflitos ativos e, finalmente, implementar novas estratégias de relacionamento que permitam fortalecer os nexos de confiança e a blindagem social, mitigando riscos operacionais.

No tocante à relação do projeto com o meio ambiente, os planos de mitigação e controle ambiental desenhados nas etapas anteriores deverão ser executados, bem como o acompanhamento do cumprimento da legislação ambiental.

7. CONCLUSÕES ***GERAIS***

- Na atualidade, por conta dos níveis de crescimento da demanda de serviços de transporte, e o grande esforço que isso implica enquanto ao investimento em infraestrutura urbana, a tendência das grandes cidades do mundo (entre elas as da América Latina) é apostar por um transporte público seguro, sustentável e de baixo impacto no entorno, que seja uma alternativa efetiva ao carro.

- Um estudo e um ***planejamento*** de projetos de STPST adequado deve estar baseado em uma análise ótima do contexto urbano, territorial e social. Para isso, tem que considerar as múltiplas variáveis do entorno e sua evolução, como o dimensionamento dos projetos para responder às estimativas adequadas de demanda, e o sustento das propostas e decisões em apropriadas análises socioeconômicas, territoriais e da rede de transporte intermodal onde o projeto estará inserido. Claramente, esta etapa requer uma análise profunda, e deve-se usar o tempo suficiente para encontrar os diferentes elementos que fortalecem a determinação, processo no qual, sem dúvida, os diferentes *stakeholders* devem ser sensibilizados, visando à abordagem de aspectos de definição política, bem como de relações comunitárias e de impacto no meio ambiente.

- Quando realizados os estudos necessários que apontam à decisão macro de um projeto, é vital realizar a definição do ***Modelo de Negócio*** com a qual será realizado. Os assuntos ligados com esta fase estão diretamente associados com a estruturação técnica, legal, institucional e de financiamento. Aqui se deve definir se é desenvolvido da perspectiva de um projeto 100% público ou por meio de uma PPP. A escolha de algum dos modelos de PPP dependerá tanto das características do projeto quanto do marco regulatório e da política fiscal de cada país.

- Formalmente, a etapa de ***construção*** está relacionada com a infraestrutura da zona urbana, seja ela subterrânea, em superfície ou elevada. Independente do caso, se deve prever que ocorrerão interferências como: serviços públicos adjacentes à obra, diferentes tipos de solo ou procura de espaços adequados disponíveis para a edificação. Embora pareça lógico, essas variáveis condicionam os custos que cada solução implica, e por tanto, afetam a viabilidade da sua materialização. . . . . Assim,colocarênfaseemumaadequadaadministração do projeto é essencial, com foco no custo, no prazo e no desempenho. A ingerência de variados procedimentos construtivos, cuja escolha dependerá das engenharias do projeto, tem impacto no financiamento e no cronograma final. Portanto, é especialmente importante que o dimensionamento das obras seja considerado, sendo o ponto de equilíbrio entre a demanda e a oferta de serviço de transporte um parâmetro referencial chave. Porém, deve-se ter em mente que isso condiciona o volume de obras como as estações, o impacto de sua localização, a profundidade ou a altura, a funcionalidade, a conectividade e a arquitetura.

- Finalmente, na ***operação***, o foco principal deve estar colocado na qualidade do serviço que é entregue ao usuário. Nesse contexto, uma definição adequada de operação do serviço de transporte deve cumprir com o objetivo de fornecer padrões de qualidade e as melhores práticas da indústria, graças a ferramentas que permitam adicionar valor mediante a melhora da experiência de viagem dos passageiros e a otimização constante da operação. Portanto, a incorporação de tecnologia com altos padrões de segurança se torna cada vez mais necessária, e em correlação com as TIC do entorno e com as demandas de sustentabilidade das comunidades, incorporando ao mesmo tempo planos de economia energética e o uso de ERNC.

- Para todas as etapas do projeto, as ***relações com a comunidade*** estarão direcionadas a socializar o projeto desde seus inícios para ganhar legitimidade social no entorno; escutar, esclarecer dúvidas e manter os atores relevantes informados; avaliar a percepção de todos os setores envolvidos no projeto enquanto é construído; e fortalecer os laços que surgiram durante a operação.

Sinopse estratégica de projetos ferroviários de transporte massivo de passageiros:

- Geração de sistemas de transporte seguros e sustentáveis
- Projetos planejados no estrito cumprimento das demandas dos serviços de transporte
- Projetos sustentáveis no médio e longo prazo
- Soluções construtivas de acordo e em sintonia com o entorno urbano
- Operação dirigida às necessidades dos usuários e flexível em caso de mudanças na demanda
- Constante relacionamento com as comunidades envolvidas no projeto, para atingir a legitimidade social adequada e ele prospere sem problemas comunicacionais

7
6

Estación Retiro Línea Mitre
Salidas / Departures
Retiro
15:30
J.L. SUÁREZ
TIGRE
MITRE
J.L. SUÁREZ
TIGRE
5 | 15:35
1 | 15:40
4 | 15:45
6 | 15:50
2 | 15:53
LA LÍNEA MITRE. DISCULPÁ LAS MOLESTIAS.
SALIDA

8. GLOSSÁRIO

BRT *Acrônimo:* Ônibus de Trânsito Rápido (em inglês: Bus Rapid Transit). É um sistema de transporte baseado em ônibus, que deve conter no mínimo: vias exclusivas (ou vias segregadas do trânsito misto) para ônibus; pagamento da tarifa e validação da viagem fora do ônibus; pontos de detenção fixos com plataformas; ônibus de grande capacidade (articulados e biarticulados). Porém, existem sistemas que em seus inícios, quando a demanda não é muito alta, utilizam ônibus simples (Erburu, 2013).

CAPEX *Acrônimo:* Custo de Investimento em um projeto (em inglês: *Capital Expenditure*) (Buján, Enciclopedia Financiera, 2012).

Contrato EPC Tipo de contrato em que uma empresa se encarrega da execução integral dos serviços de Engenharia, de Aquisições e de Construção de um projeto por um preço estabelecido, de acordo com diferentes modalidades (em inglês: *Engineering, Procurement, Construction*) (Salmona, 2008).

Contrato EPCM Tipo de contrato em que uma empresa se encarrega da execução integral dos serviços de Engenharia, de Aquisições, e de Administração da Construção de um projeto por um preço estabelecido, de acordo com diferentes modalidades (em inglês: *Engineering, Procurement, Construction, Management*) (Salmona, 2008).

Contrato EPCMO Tipo de contrato em que uma empresa se encarrega da execução integral dos serviços de Engenharia, de Aquisições, de Administração da Construção, e da Operação de um projeto por um preço estabelecido, de acordo com diferentes modalidades (em inglês: *Engineering, Procurement, Construction, Management, Operation*) (Salmona, 2008).

DOT *Acrônimo:* Desenvolvimento Direcionado ao Transporte. Esta tendência se baseia no desenvolvimento urbano em áreas adjacentes a estações de transporte massivo, com o objetivo de promover um maior uso do sistema de transporte público e também potenciar a sustentabilidade financeira desse sistema, mediante a concentração da demanda de usuários do transporte público a partir do adensamento urbano em zonas estratégicas. Os desenvolvimentos DOT são desenhados conforme oito princípios ligados com o urbanismo sustentável: Andar, Pedalar, Conectar, Transportar, Misturar, Adensar, Compactar e Mudar (Cuello, Sastre, Álvarez, Romero, & Vaquero, 2016)..

EIU *Acrônimo:* Estudio de Impacto Urbano.

ERNC *Acrônimo:* Energias Renováveis Não Convencionais.

Externalidades Efeitos indiretos provocados pelas decisões de consumo, de produção e de investimento que os indivíduos, os lares e as empresas tomam. Muitas vezes não são quantificáveis, e somente podem ser identificadas. Existem positivas e negativas, e são uma das razões de por que as autoridades intervêm na economia (mercado) (Helbling, 2010).

GoA *Acrônimo:* Grau de Automatização (em inglês: *Grade of Automation*). Existem cinco graus de automatização, que vão desde o GoA0 até o GoA4 (o máximo), definidos em função de quanta participação humana e seu complemento com os sistemas automáticos exista em um STPST (Ferropedia, 2016).

Governança Modo de gestão dos assuntos públicos em todos seus níveis: nacional, local, internacional e regional. A governança é considerada "boa" e "democrática" na medida em que as instituições e os processos de cada país sejam transparentes. A boa governança promove a equidade, a participação, o pluralismo, a transparência, a responsabilidade e o estado de direito, para que seja efetivo, eficiente e duradouro. Levando estes princípios à prática, somos testemunhas de escolhas frequentes, livres e limpas, de parlamentos representativos que elaboram leis e fornecem uma visão de conjunto, e de um sistema jurídico independente para interpretar essas leis (ONU).

Achado arqueológico É o descobrimento de restos arqueológicos (materiais, estruturas e restos meio ambientais), provenientes da atividade humana histórica ou pré-histórica (presença de artefatos, de elementos estruturais, de solos de ocupação, etc.) (Renfrew & Bahn, 2008).

Impacto ambiental Mudanças das variáveis próprias do meio ambiente físico, biológico, cultural e social que pode causar a concretização do projeto em uma área determinada (Sánchez & Guiza, 1989).

Integração entre modos Participação e interação de diferentes modos de transporte para dar solução à necessidade de deslocamento de pessoas em distâncias maiores (Olivares, 2006).

Intercambiadores Lugar de articulação entre diferentes modos de transporte. Eles são peça chave na mobilidade, em particular na combinação de viagens de longa distância com as de acesso e de dispersão. A boa conexão entre ambas as partes de uma viagem de longa distância pode tornar mais ou menos competitivas as alternativas de transporte público (Monzón de Cáceres, López, Wang, & Alonso, 2012). Também são conhecidos como "EIM" ou "Estações Inter Modais" em alguns países.

Linha de base Consiste na descrição detalhada da área de influência de um projeto ou atividade, de forma prévia à sua execução (Servicio de Evaluación Ambiental de Chile).

Mapa de processos Diagrama de valor que representa, como inventário gráfico, os processos de uma organização de forma interligada (Macías, 2007).

Metrô Trem de tração elétrica que se desloca por uma via própria exclusiva em um contexto urbano (UITP, 2003).

Metrô ligero / Tren ligero Sistema de transporte público guiado permanentemente pelo menos por um trilho, operado no entorno urbano, suburbano e regional com veículos automotores, com ou sem segregação da via e do trânsito de pedestres. Esta ampla definição abrange todas as formas possíveis dentro da continuidade entre um VLT clássico (não segregado) e um metrô (completamente segregado) (UITP, 2009).

Modelo APP Modelo de Participação Público-Privada que vincula ambos os setores sob as formas de sociedade no longo prazo. Segundo o "Livro Verde sobre PPP" da Comissão Europeia, publicado em 2004, estabelece quatro características que todo projeto tipo PPP deve cumprir: A) A relação entre o setor público e o setor privado deve ser de longa duração. B) O setor privado deve participar de alguma forma no financiamento. C) O setor privado deve ter um papel fundamental na manutenção e na operação da infraestrutura. D) A relação deve estabelecer uma distribuição adequada dos riscos entre o setor público e o setor privado (Vassallo & Izquierdo, 2010).

OOCC *Acrônimo:* Obras Civis.

OOCC y EM *Acrônimo:* Obras Civis, Engenharia e Manutenção (em inglês: Engineering and Maintenance).

OPEX *Acrônimo:* Custo Contínuo para o funcionamento de um produto, negócio ou sistema (em inglês: *Operating Expense*). Sua contraparte é o CAPEX (Buján, Enciclopedia Financieria, 2014).

Paleontologia Ciência que estuda e interpreta os fósseis para conhecer o passado da vida na Terra (Servicio Geológico Mexicano).

POT *Acrônimo:* Plan de Ordenamento Territorial.

SAE *Acrônimo:* Sistema de Apoio à Operação.

SIG *Acrônimo:* Sistema de Informação Geográfica. Consiste na integração organizada de *hardware*, de *software* e de dados geográficos para capturar, armazenar, manipular, analisar e desdobrar a informação geograficamente referenciada, de todas as formas possíveis (Sistemas de Información Geográfica).

Sistema Contact-Less Sistema de pagamento que permite realizar transações somente aproximando um cartão do terminal do ponto de venda (ALAMYS, 2017).

Sistema de cobrança BiBo Sistema que tecnologicamente detecta o ID do usuário e cobra o trajeto de acordo com o percorrido realizado (em inglês: *Be-in Be-out*) (ALAMYS, 2017).

Sistema integrado de arrecadação Integração mediante um sistema único de arrecadação na rede de transporte intermodal. Existência de uma tarifa comum nos diferentes modos de transporte e de um sistema de pagamento unificado, agilizando os tempos de viagem e racionalizando os custos do serviço (ALAMYS, 2017).

Stakeholders Todas aquelas pessoas ou organizações afetadas pelas atividades e as decisões de uma empresa (Freeman, 1984).

Subterrâneos Revisar definição de "metrô".

Sustentabilidade Habilidade para atingir uma prosperidade econômica sustentada no tempo, protegendo ao mesmo tempo os sistemas naturais do planeta e entregando uma alta qualidade de vida às pessoas (Calvente, 2007).

Taxa de motorização Sistema que realiza a medição da quantidade de veículos motorizados por habitante em um lugar e um período indicado (Gartner, 2011).

Tecnologia Near Field Communication Tecnologia de comunicação sem fio de curta distância (uns 10 cm) e alta frequência (13,56 MHz) que permite a troca de dados entre dois dispositivos NFC próximos. Nos casos de uso típicos, um dos dispositivos NFC que conforma a conexão será o telefone celular. Os maiores fabricantes deles já incorporam em sua gama alta modelos com NFC. Os aplicativos que surgem neste cenário são o pagamento com telefone celular, o controle de acessos, *tickets* NFC para recitais e eventos, o transporte público, *posters* interativos, etc. (TST Sistemas)..

TIC *Acrônimo:* Tecnologías de Informação e Comunicação.

STPST Sistema de Transporte de Passageiros sobre Trilhos. Para os efeitos deste documento serão entendidos para este conceito os seguintes sistemas: metrô (ou "subterrâneo" em alguns países), VLT e trem suburbano.

Transporte sobre trilhos Ver definição de STPST.

Trens suburbanos Sistemas ferroviários de transporte massivo que conectam entre eles uma cidade principal com seus arredores, ou com outros núcleos de população próximos de primeiro nível. Os serviços caracterizam-se por realizar trajetos interurbanos de curta distância, que ultrapassam em longitude e duração os trajetos dos sistemas de metrô. Para a operação, os operadores dos sistemas estabelecem uma série de linhas e detenções pré-estabelecidas. Também são conhecidos pelo nome mais genérico de "sistema de ferrovias suburbano". Na Espanha usa-se o termo "trem das proximidades", enquanto que na Argentina, corresponde à Rede de Expressos Regionais (RER) (Ferropedia).

Viaduto É um elemento estrutural longitudinal com uma superfície plana e lisa que é utilizada como via de percorrido por veículos de transportes. Podem ser subterrâneos ou aéreos (Viaductos, 2014).

VLT Veículo que circula sobre carris de uma via férrea ou com rodas pneumáticas no interior de uma cidade ou em suas proximidades, e que é usado principalmente para transportar viajantes (Ferropedia).

9. BIBLIOGRAFIA

AATE. (2016). Modelo de Negócio e Financiamento da Linha 2 do Metrô de Lima. Quito, Equador.

ALAMYS. (2017). *ALAMYS.* Recuperado em 2 de Maio de 2018, de https://www.alamys.org/wp-content/files_mf/1524059899FINALESP.pdf

ALAMYS. (2017). *Por que o desenvolvimento de projetos metro-ferroviários é a melhor opção para o transporte sustentável das grandes cidades latino-americanas.* Santiago, Chile: ALAMYS.

ALAMYS. (2018). *Por que o desenvolvimento de projetos metro-ferroviários é a melhor opção para o transporte sustentável das grandes cidades latino-americanas.* Santiago: ALAMYS.

Banco Mundial. (2017). *As cidades do futuro em América Latina: menos carros, menos jovens, mas mais 'inteligentes'.* Obtido de http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/10/05/ciudades-del-futuro-en-america-latina

Banco Mundial, G. (2018). *Banco Mundial.* Recuperado em 09 de Janeiro, de http://www.bancomundial.org/es/projects-operations/products-and-services#2

Banco Mundial, G. (2018). *CIADI.* Recuperado em 09 de Janeiro de 2018, de https://icsid.worldbank.org/sp/Pages/about/ICSID%20And%20The%20World%20Bank%20Group.aspx

Buján, A. (2012). *Enciclopédia Financeira.* Obtido de https://www.enciclopediafinanciera.com/definicion-capex.html

Buján, A. (2014). *Enciclopédia Financeira.* Obtido de https://www.enciclopediafinanciera.com/definicion-opex.html

Calvente, A. (2007). *Programa de difusão e investigação em Desenvolvimento Sustentável da Universidad Aberta Interamericana.* Obtido de http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf

Câmara Chilena da Construção. (s.f.). Obtido de http://www.cchc.cl/que-es-la-sostenibilidad

CELADE - Divisão de população da CEPAL. (2016). *Banco de dados de Distribuição Espacial da População e Urbanização em América Latina e o Caribe (DEPUALC).*

CEPAL . (2002). *Review N°76.* Santiago: CEPAL.

Cuello, M., Sastre, J., Álvarez, D., Romero, C., & Vaquero, N. (2016). *OSC Editorial UPV.* Obtido de http://ocs.editorial.upv.es/index.php/CIT/CIT2016/paper/viewFile/3182/1623

Erburu, I. (2013). *Desenho de um sistema de ônibus de alto nível de serviço (BHLS) na cidade de Santander.* Santander: Universidad de Cantabria.

Ferropedia. (2016). *Ferropedia.* Obtido de http://www.ferropedia.es/wiki/Sistemas_de_conducci%C3%B3n_autom%C3%A1tica

Ferropedia. (s.f.). *Ferropedia.* Obtido de http://ferropedia.es/mediawiki/index.php/Ferrocarril_suburbano

Freeman, E. (1984). *Strategic Management: a stakeholder approach.* Cambridge: Cambridge University Press.

Gartner, A. (Mayo de 2011). *Centro Tecnológico de Transporte, Trânsito e Segurança Viária da Universidade Tecnológica Nacional.* Obtido de http://c3t.fra.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2012/05/Estudio-sobre-tasa-de-motorizacion.pdf

Helbling, T. (Dezembro de 2010). *Fundo Monetário Internacional.* Obtido de https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2010/12/pdf/basics.pdf

IESE Cities in Motion Strategies. (2014). *IESE.* Obtido de https://www.iese.edu/research/pdfs/ST-0333.pdf

Informe do Metrô de Santiago. (s.f.). *Engenharia de detalhe de obras civis. Projeto 1: Tramo B-C. Obras civis viaduto Linha 4*. Santiago, Chile.

International Transport Fórum de OCDE. (2011). *ITF/OCDE*. Recuperado em 2018, de https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/11outlook.pdf

La Nación. (7 de Fevereiro de 2018). Linh 7 do Metrô: abrem licitação e informam os nomes das estações. Santiago, Chile.

Macías, M. (2007). *Guía para a identificação e análise de processos. Cádiz: Universidad de Cádiz.*

Monzón de Cáceres, A., López, M., Wang, Y., & Alonso, A. (2012). *Arquivo Digital Universidade Politécnica de Madrid*. Obtido de http://oa.upm.es/19215/1/INVE_MEM_2012_116086.pdf

Olivares, C. (Marzo de 2006). *Bicivilízate*. Obtido de http://www.bicivilizate.com/2006/03/10/integracion-modal-bicicleta-metrô/

ONU. (s.f.). *Organização das Nações Unidas*. Obtido de http://www.un.org/es/globalissues/governance/

Renfrew, C., & Bahn, P. (2008). *Arqueologia: Conceitos Chave*. Madrid: Akal.

Salmona, M. (Octubre de 2008). *Cruz e Dávila*. Obtido de http://www.cruzydavila.cl/ina/archvs/con101.pdf

Sánchez , V., & Guiza, B. (1989). *Glossário de termos sobre Meio Ambiente*. (U. PNUD, Ed.) Santiago, Chile: Ed. UNESCO.

Serviço de Avaliação Ambiental do Chile. (s.f.). Obtido de http://sea.gob.cl/evaluacion-ambiental/informacion-linea-base-eia

Serviço Geológico Mexicano. (s.f.). Obtido de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Fosiles/Paleontologia.html

Sistemas de Informação Geográfica. (s.f.). Obtido de https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/

Spanish Railway. (1 de Mayo de 2012). *Spanish Railway*. Recuperado em 2 de Maio de 2018, de http://www.spanishrailway.com/2012/05/01/ferrocarril-de-sarria-a-barcelona-s-a-ferrocarriles-de-cataluna/

TST Sistemas. (s.f.). *NFC: Comunicação Contactless*. Obtido de http://www.tst-sistemas.es/nfc/

UITP. (Noviembre de 2003). *UITP*. Obtido de https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/04%20El%20metrô%20una%20oportunidad%20para%20el%20desarrollo.pdf

UITP. (2009). *Metrô, Light Rail and Tram Systems in Europe*. Obtido de http://www.uitp.org/files/ERRAC_MetrôLR&TramSystemsinEurope.pdf

Vassallo, J., & Izquierdo, R. (2010). *Infraestrutura pública e participação privada: conceitos e experiências em América e Espanha*. Bogotá: Corporação Andina de Fomento. Obtido de https://www.caf.com/media/3163/Libroinfraestructura FINAL.pdf

Viadutos. (2014). *Viadutos*. Obtido de https://viaductos.webnode.com.co/

World Society for Transport and Land Use. (2016). The gaps in satisfaction with transit services among BRT, metrô and bus riders: evidence from Guangzhou. *The Journal of Transport and Land Use*, 97-109.

10. AGRADECIMENTOS

O “Guia para o Gerenciamento de STPST” é um documento elaborado pela equipe da Secretaria Geral da ALAMYS e por representantes das seguintes entidades associadas e amigas da associação.

A todas e todos que participaram, agradecemos profundamente sua disposição, a contribuição acadêmica e a experiência, que permitiram a publicação deste documento.

Operadores e Parceiros Principais da ALAMYS

1. *Autoridade Autônoma do Sistema Elétrico do Transporte Massivo de Lima e Callao (AATE)*
2. *Autoridade do Transporte Metropolitano de Barcelona (ATM)*
3. *Linha 1 do Metrô de Lima*
4. *Metrô de Madri*
5. *Metrô de Medellín*
6. *Metrô de Santiago*
7. *Metrô Quito*
8. *Metrô Rio*
9. *Subterrâneos de Buenos Aires*

Fornecedores e Parceiros Aderentes da ALAMYS

1. *CITEF*
2. *EGIS*
3. *Giro*
4. *INECO*
5. *Ingerop*
6. *Stadler*
7. *Thales*

Entidades multilaterais e parceiras da ALAMYS

1. *Banco de Desenvolvimento da América Latina, CAF*
2. *Banco Interamericano de Desenvolvimento, BID*
3. *Banco Mundial*
4. *Lima Como Vamos – Observatório Cidadão*

AATE
Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao

ATM Àrea de Barcelona
Autoritat del Transport Metropolità

línea 1 Metro de Lima

Metro de Madrid

METRO DE MEDELLÍN
CALIDAD DE VIDA

METRO DE SANTIAGO

metro

METRÔ RIO

Subte
Buenos Aires Ciudad

CITEF

egis

GIRO

ineco

INGÉROP
Inventons demain

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

THALES

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

BID
Mejorando vidas

BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF

LIMA CÓMO VAMOS
observatorio ciudadano