

### 30. Padronização da construção

#### 30.1. Superestrutura

##### 30.1.1. Tipo, perfil e material dos trilhos

Considerando que para a construção do Metrô em São Paulo deverão ser empregados, preferencialmente, produtos nacionais, o tipo de trilho será escolhido entre os perfis padronizados do programa normal das laminações brasileiras. A seleção dependerá de conveniências técnicas. Além de suficiente estabilidade é preciso que o perfil escolhido satisfaça ainda duas outras condições:

- Elasticidade em relação à construção total da via.
- Resistência ao desgaste, tendo em vista as despesas de manutenção.

Todos os tipos de trilhos, empregados hoje em dia, apresentam suficiente estabilidade para resistir ao desgaste, quando escolhidos em conformidade com as cargas por eixo admitidas. A elasticidade da via férrea sob o peso dos trens, ou seja, a formação de ondulação na base da via, tem importância essencial na produção do ruído. Estudos realizados nos últimos anos provaram que um trilho rígido apoiado em dormentes e lastro dá melhores resultados e produz menos ruído.

É claro que o intenso movimento do sistema metrô, em comparação com o tráfego ferroviário normal, produz desgastes muito maiores nos trilhos. Especialmente nos trechos de curvas fechadas, estes desgastes acarretam substituições mais freqüentes dos trilhos. O desgaste de um trilho de maior perfil é o mesmo; obtém-se, entretanto, um período de aproveitamento mais longo e por conseguinte os gastos de manutenção serão menores.

O trilho padrão TR57 de fabricação brasileira, satisfaz às condições acima referidas e deveria ser utilizado na construção do metrô em São Paulo.

No referente ao material dos trilhos, não existem senão as exigências comuns de qualidade.

O tratamento do aço do boleto do trilho provoca um desgaste muito menor deste, entretanto, não deverá provocar um desgaste maior nos frisos das rodas dos veículos.

A especificação correta dos materiais é exigência indispensável para obter as melhores condições do ponto de vista da redução do desgaste.

##### 30.1.2. Apoio e fixação dos trilhos

A construção de apoio e fixação dos trilhos deve satisfazer a uma série de exigências que dependem do tipo de esforços provenientes do material rodante e das características operacionais da ferrovia.

O apoio e a fixação dos trilhos são partes integrantes do projeto da superestrutura.

É preciso que a construção apresente condições capazes de resistir aos esforços normais e de transmiti-los ao terreno, sem que isto ocasione afrouxamento, prejudicando a segurança da fixação.

Para que a instalação e manutenção possam ser executadas sem maiores despesas, devem caracterizar-se pela simplicidade.

Finalmente, no caso particular do metrô, deve-se escolher o sistema de apoio mais adequado para atenuar os ruídos, o mais possível.

###### 30.1.2.1. Suporte dos trilhos com dormentes e lastro

Para o suporte dos trilhos com dormentes e lastro, geralmente são aplicados dormentes de madeira, raras vezes dormentes de aço, utilizando-se atualmente também dormentes de concreto.

Do ponto de vista técnico deveriam ser previstos somente dormentes de madeira para a instalação dos trilhos do metrô, visto que são mais leves e apresentam maior índice de absorção de ruídos do que dormentes de aço ou de concreto.

Nos percursos em elevado com dormentes mais leves obtém-se uma redução considerável do peso total. Além disto, geralmente, o custo de dormentes de madeira também é inferior ao de dormentes de aço ou de concreto.

Empregando o perfil projetado e considerando-se o movimento previsto, a distância entre os dormentes deverá ser de  $a = 0,70$  m. Segundo cálculos aproximados feitos pelo método "Zimmermann", esta distância produz uma ondulação muito razoável, da qual depende a intensidade do ruído e, além disso, a tensão dos trilhos permanece ainda nos limites desejados.

A fixação do trilho no dormente pode ser direta ou indireta, utilizando um elemento intermediário. Atualmente só se aplicam métodos de fixação elástica. A fixação direta dos trilhos com pregos de linha, é usada

principalmente em vias de menor movimento e reduzido desgaste dos trilhos.

No caso do metrô, com seu tráfego intenso, devem-se aplicar processos de fixação indireta. Caso contrário, as despesas de manutenção seriam elevadíssimas. Assim, une-se com pregos de linha ou tirefões, aos rigidamente uma placa de apoio, dormentes e fixa-se o trilho com um elemento elástico a esta placa de apoio (Fig. 30.1). Para obtenção dos melhores resultados no encaixe dos trilhos, utilizam-se, ainda hoje placas fresadas com parafusos de gancho, placas de apêto (selas), porca e anéis elásticos, como intermediário flexível, ou placas fresadas com grampo elástico para fixar o trilho.

Aplicando uma camada intermediária de borracha ou borracha-cortiça entre o patim do trilho e a placa fresada, indispensável à redução do barulho e melhor elasticidade, utilizar-se-á obrigatoriamente o grampo elástico para a fixação dos trilhos.

Este elemento elástico garante a pressão desejada, apesar da elasticidade maior resultante da camada intermediária de borracha. O grampo elástico, produzindo uma pressão regular, evita o afrouxamento das juntas sob o peso alternado ocasionado pela passagem dos trens, reduzindo o desgaste e os ruídos.

As boas condições de isolamento e o barulho reduzido são as principais vantagens deste método tradicional e comprovado (dormentes de madeira e lastro) que constituem um sistema simples de instalação e manutenção dos trilhos. Além disto, a posição dos trilhos poderá ser facilmente corrigida no caso de um recalque da construção. Este fato deve ser pôsto em evidência, já que as condições do subsolo não excluem totalmente o recalque. De mais a mais não existem problemas para instalação de desvios e conexões de desvios no lastro.

A estas vantagens se contrapõem, comparado com o sistema de apoio dos trilhos diretamente sobre a infra-estrutura, as desvantagens da maior necessidade de espaço nos túneis, do maior peso da via nos percursos em elevado e dos gastos de manutenção mais elevados.

###### 30.1.2.2. Apoio dos trilhos diretamente sobre a infra-estrutura

Nos últimos anos estudou-se com o maior interesse a possibilidade de evitar o emprego de dormentes e

lastro para a instalação dos trilhos nos percursos em elevado e nos túneis de metrô, para aproveitar as vantagens deste sistema de construção, ou seja, a altura inferior dos túneis, menor peso e gastos de manutenção mais reduzidos.

Nenhuma das construções realizadas por este processo está funcionando o tempo suficiente para que seu aproveitamento possa ser julgado definitivamente.

Mesmo os projetos mais recentes da Europa (Milão, Roma, Munique, Hamburgo, Berlim), não prevêm exclusivamente o apoio direto dos trilhos.

Na maior parte dos trechos executados, trata-se apenas de percursos experimentais mais ou menos longos, que deverão contribuir para uma solução ideal do problema. Os trajetos mais longos foram realizados em Tóquio, Toronto e Rotterdam. Os últimos dois são os que deram melhores resultados. Após um longo período de experiência, utilizando os mais variados elementos de construção, acredita-se haver encontrado melhores soluções. Também em São Francisco projeta-se a construção com este sistema de apoio direto. Em todos os casos, porém, ainda falta a consagração definitiva de uma longa experiência prática.

A figura 30.2, lustra o uso do apoio direto, semelhante ao executado em Rotterdam.

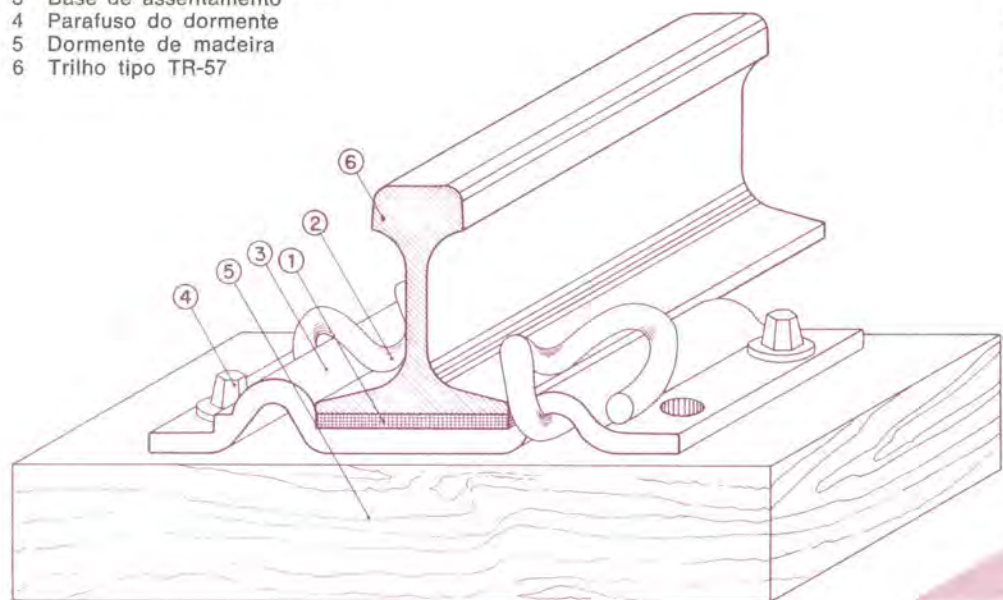
Ao contrário do tradicional uso de lastro, a instalação de trilhos na infra-estrutura exige precisão muito elevada, visto que correções posteriores de altura e direção, para obter um alinhamento exato dos trilhos, são limitadas e implicam em despesas elevadas.

Dos métodos conhecidos, o mais preciso parece ser o de só perfurar as placas de assentamento, para os parafusos fixadores, depois de colocadas na infra-estrutura.

Com uma base de argamassa sintética, facilmente calibrável na altura desejada, obtém-se a posição exata do trilho, principalmente em rampas e em curvas com superelevação. Ao mesmo tempo eliminam-se as inevitáveis irregularidades de construção da via. A colocação de desvios no sistema de apoio direto é especialmente difícil, pois a locação perfeita dos trilhos é indispensável, uma vez que a correção posterior das conexões de trilhos e agulhas é praticamente impossível.



- 1 Almofada de borracha, ou borracha e cortiça
- 2 Grampo elástico para trilho
- 3 Base de assentamento
- 4 Parafuso do dormente
- 5 Dormente de madeira
- 6 Trilho tipo TR-57

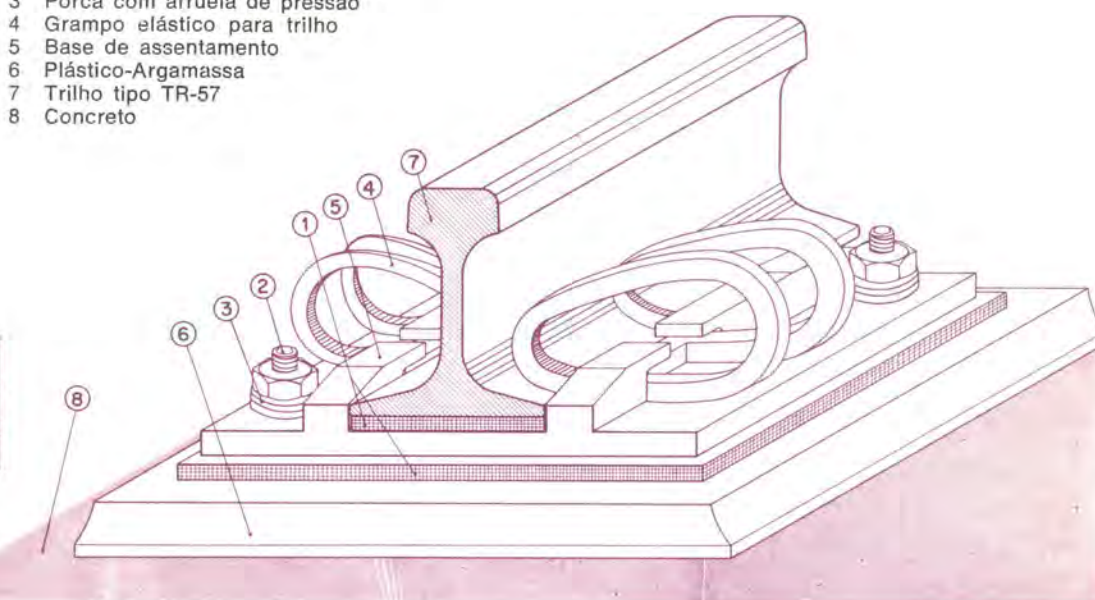


30.1

Fig. 30.1  
Fixação do trilho sobre dormentes de madeira

Fig. 30.2  
Fixação do trilho sobre laje de concreto

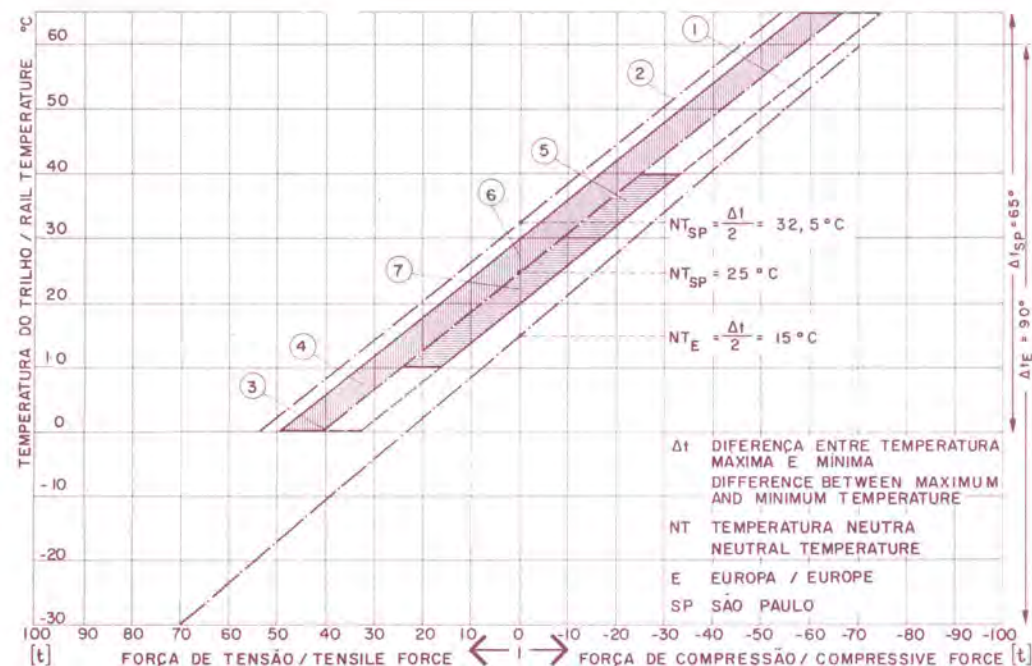
- 1 Almofada de borracha, ou borracha e cortiça
- 2 Parafuso chumbado no concreto
- 3 Porca com arruela de pressão
- 4 Grampo elástico para trilho
- 5 Base de assentamento
- 6 Plástico-Argamassa
- 7 Trilho tipo TR-57
- 8 Concreto



30.2

Fig. 30.3  
Fôrças longitudinais nos trilhos dependendo da temperatura

- 1 Situação na Europa com bitola normal e trilho do tipo S49 (49 kg/m).
- 2 Situação em São Paulo com bitola e trilho do tipo TR-57 (57 kg/m).
- 3 Situação no Metrô de São Paulo com bitola larga, trilhos TR-57 com NT = 25°C (proposta).
- 4 Zona de temperatura e fôrças nos trechos elevados
- 5 Zona de temperatura e fôrças nos trechos em túnel.
- 6 Zona de temperatura nominal do trilho para soldagem final nos trechos elevados.
- 7 Zona de temperatura nominal do trilho para soldagem final nos trechos em túnel.



30.3

A instalação direta que sem dúvida apresenta muitas vantagens, é universalmente desejada. Entretanto, ainda, não está suficientemente desenvolvida para que seja, desde já, aplicada em São Paulo.

Considerando, porém, a importância do problema, parece adequado projetar um trecho experimental também no metrô paulista, para pesquisa de uma solução que se adapte às condições locais, e possa ser utilizada na futura ampliação da rede.

Experiências em diversos lugares mostraram a grande influência das características locais sobre a construção.

Baseando-se nos resultados obtidos na Europa e América do Norte, deve-se dar especial atenção à escolha do espaçamento dos apoios e ao sistema da fixação. Deve-se estudar, também, o problema da passagem de trechos com apoio direto para trechos com dormentes e lastro.

Estes pontos, que aparecem normalmente nas passagens de uma via de nível para uma seção de via elevada ou subterrânea, requerem uma conservação constante e intensiva pois, estão expostas a um desgaste muito maior.

Ainda não foi encontrada uma solução que consiga satisfazer todas as exigências deste problema.

A Deutsche Bundesbahn (Companhia Ferroviária-Alemanha Federal) voltou mesmo a utilizar o lastro em pontes de tabuleiro contínuo para evitar falhas que, com o tráfego mais pesado e o aumento das velocidades, se tornam ainda mais frequentes.

As despesas de construção do apoio direto dos trilhos são em geral mais elevadas do que os custos da via tradicional de dormentes de madeira com lastro.

Após considerar todos estes pontos, concluiu-se que, para a primeira etapa de construção do metrô em São Paulo, sem dúvida o sistema de dormentes de madeira e lastro é ainda o mais recomendável.

A realização de um trecho experimental em apoio direto deve ser considerada, tendo em vista suas possíveis vantagens no futuro.

### 30.1.3. Aparelhos de mudança de via — chaves e jacarés

Para aplicação de material nacional no projeto dos traçados das vias, diversos tipos e formas de chaves e jacarés adequados para os desvios simples, são fabricados no Brasil.

Dispositivos de mudança de via duplos ou de maior complexidade não serão usados no Metrô de São Paulo, uma vez que a sua manutenção é mais dispendiosa em comparação com aparelhos de mudança de via simples.

Sua aplicação, também, não é obrigatória, nem por motivos operacionais, nem por deficiência de espaço.

Característica fundamental da forma do desvio é a abertura do jacaré, isto é, o ângulo sob o qual a via desviada incide na via principal. Quanto menor essa abertura, tanto maior

será o raio do ramal desviado e tanto maior poderá ser a velocidade permitida na junção.

Assim, a escolha dos tipos de aparelhos de mudança de via a serem aplicados, depende das exigências operacionais, isto quer dizer, das velocidades operacionais desejadas para a passagem sobre o desvio em direção ao ramal e vice-versa.

Os desvios podem ser com agulha reta e com agulha curva; para o Metrô de São Paulo só interessam aparelhos com agulha curvas, isto é, agulhas que permitem melhor concordância com a curva do traçado e melhor ajustamento ao trilho de encosto.

Este tipo, além de apresentar desgaste consideravelmente menor e, conseqüentemente, manutenção menos dispendiosa, ainda oferece o conforto de uma passagem mais suave pelos desvios.

Além disso, a agulha curva admite a passagem pela junção com a mesma velocidade permitida para o raio da curva correspondente, divergindo da utilização normal nas estradas de ferro do Brasil. Partindo do tipo padrão, é muito simples desenvolver e construir os tipos especiais de aparelhos de mudança de via com chaves curvas.

No projeto das linhas para o Metrô de São Paulo não estão previstos cruzamentos fixos, pois estes, quase sempre, podem ser substituídos por combinações de chaves e travessões, que estão sujeitos a um desgaste sensivelmente menor, tornando-se, portanto, mais econômicos.

### 30.1.4. Juntas, soldagens, fôrças longitudinais

Com a variação da temperatura aparecem tensões internas nos trilhos, que nas vias permanentes sem solda contínua, em parte são absorvidas pelas folgas nas juntas dos trilhos. Além das juntas convencionais, devem ser consideradas atualmente as juntas isolantes necessárias devido à sinalização das vias.

Acontece, porém, que toda junta na via — mesmo quando bem conservada — representa um desgaste maior no trilho e no material rodante. Além disso, uma via com folgas nas juntas não satisfaz às exigências de maior conforto dos passageiros, durante a viagem. Por estes motivos, hoje em dia quase todos os trilhos das estradas de ferro são soldados, sem folgas nas juntas. Na Europa como no Brasil algumas ferrovias já dispõem de uma experiência de muitos anos neste setor especial de vias permanentes. Profundas pesquisas teóricas sobre este problema comprovaram a viabilidade da solda contínua da via permanente. As tensões internas provocadas no trilho contínuo pela dilatação, em virtude das variações de temperatura, são absorvidas, com segurança, pelo terreno através do lastro e do sistema de fixação dos trilhos e dormentes. O valor das tensões máximas longitudinais que aparecem no trilho, é função do perfil do trilho, e da diferença máxima na temperatura do trilho em relação à temperatura neutra, isto é, à temperatura do trilho no momento de ser soldado, sem folgas, e no qual está isento de tensão.

As fôrças longitudinais no trilho podem ser originadas tanto da



dilatação quanto da contração, dependendo isso da temperatura do trilho estar acima ou abaixo da temperatura neutra (vide fig. 30.3).

Tensões exageradas e não uniformes em ambos os trilhos da via, podem acarretar deformações diferenciais em sentido vertical ou horizontal, isto é, deslocamento dos trilhos para cima ou para os lados. Esforços alternados de tração, ou choques dinâmicos, eventualmente produzidos por defeitos das rodas, podem produzir fratura do trilho formando fendas cuja propagação, pode provocar descarrilamentos. Tanto a deformação, como a ruptura são condições perigosas para o funcionamento e precisam ser absolutamente evitadas. As pesquisas teóricas sobre a garantia contra deformações de trilhos, foram comprovadas por experiências práticas, colhidas durante anos. Uma via bem assentada com fixação elástica e lastro adequado (dormentes de madeira, aço ou concreto), mesmo quando com trilhos longos soldados e instalados em curvas relativamente fechadas, sempre oferece garantia suficiente contra deformações verticais ou horizontais. Além disso, devido aos tipos de fixação elástica, comuns hoje em dia, nas vias altamente utilizadas, a aderência do trilho à base é tão alta, que a eventual ruptura do trilho, mesmo sob a ação de altas forças de tração, não chega a comprometer, de imediato, a segurança do tráfego.

A comparação com as condições européias (Fig. 30.3) mostra, que aqui em São Paulo — devido às oscilações menores de temperatura  $\Delta t = 65^\circ \text{C}$  contra  $\Delta t = 90^\circ \text{C}$  na Europa — a formação de tensões exageradas no trilho não é possível.

Para a maior diferença de temperatura no trilho de  $\Delta t = 65^\circ \text{C}$ , aqui em São Paulo, a força máxima absoluta seria de  $P = F \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta t = 107 \text{ t}$ , onde  $F =$  área da seção transversal do trilho (TR 57)  $E =$  módulo de elasticidade para aço  $= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   $\alpha =$  coeficiente da dilatação térmica para aço

Por outro lado, a força máxima de tração absoluta nas condições européias com  $\Delta t = 90^\circ \text{C}$  é 140 t. Colocando-se a temperatura neutra no centro dessas faixas de variação de temperatura, como é habitual, isto é,  $NT = \frac{\Delta t}{2} + 32,5^\circ \text{C}$ ,  $+ 45^\circ \text{C}$ , respectivamente, para as condições brasileiras e européias, o resultado são forças de tração e compressão máximas de 53,5 t e 70 t.

A experiência na Europa demonstrou que as altas forças de tração decorrentes de temperaturas excessivamente baixas que, ao mesmo tempo aumentam a fragilidade do material, provocam facilmente rupturas nos trilhos, principalmente sob a ação de vibrações provocadas por defeitos nas rodas. Ao contrário, as forças de dilatação, nos valores indicados, são facilmente controladas. Assim sendo, no caso do Metrô de São Paulo, dispõem-se de uma margem maior na escolha da temperatura neutra, divergindo do princípio habitual. Por motivos de uniformidade, porém, deve ser determinado um valor padrão para a temperatura neutra para toda a rede. O valor de  $+ 25^\circ \text{C}$  para temperatura neutra, parece o mais conveniente. De acordo com as condições climáticas de São Paulo, esta é a temperatura

mais freqüente, tanto nos traçados elevados como no interior dos túneis. Os esforços máximos de compressão, de 66 t que aparecem à temperatura de  $65^\circ \text{C}$ , ainda estarão abaixo do valor comparativo europeu de 70 t (Fig. 30.3). De mais a mais, a bitola larga, com o perfil do trilho mais pesado, ao contrário da bitola normal com perfil mais leve, oferece maior garantia contra deformação.

A deformação horizontal — que é a mais perigosa — é quase impossível, quando a via é assentada no sistema em forma de gamelas nos traçados elevados. Além disso, como mostra a figura 30.3, nos trajetos em túneis — com a oscilação máxima da temperatura  $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ , isto é, entre  $+ 10^\circ \text{C}$  até  $+ 40^\circ \text{C}$  — forças longitudinais são insignificantes.

Para maior maleabilidade nos trabalhos finais de solda na via, isto é, a ligação de trilho com o comprimento a partir de 360 m, uma tolerância de  $5^\circ \text{C}$  para mais ou para menos, em torno da temperatura neutra ainda é admissível. Isto representa uma zona teórica de temperatura entre  $+ 20^\circ \text{C}$  e  $30^\circ \text{C}$ , dentro da qual as soldagens finais podem ser executadas. A figura 30.3 mostra claramente, que na via elevada, as condições mais favoráveis de esforços no trilho se consegue na faixa superior de temperaturas, enquanto que nos trechos em túneis, isto acontece na faixa inferior. Para que a solda contínua da via não seja interrompida por juntas isolantes, necessárias por motivos de sinalização, para o Metrô de São Paulo deveriam ser usadas juntas isolantes coladas e pré-fabricadas. Com isto se consegue uma via permanente sem folgas, interessante, tanto por questões de manutenção, como de conforto.

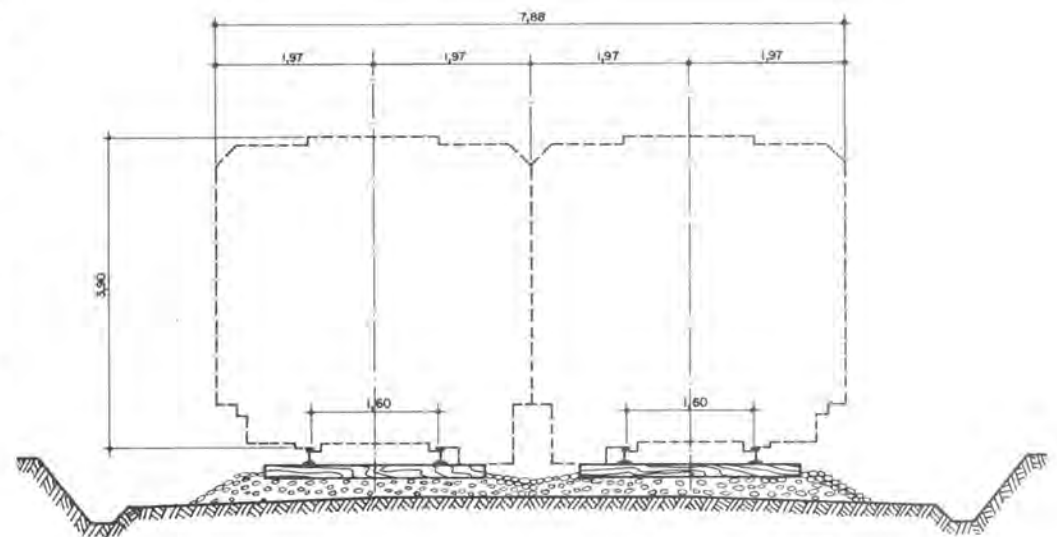
São dois os sistemas que interessam para a soldagem no próprio local de aplicação dos trilhos: a soldagem elétrica e a solda "termite" (ou aluminotérmica). A qualidade da solda no sistema elétrico depende muito mais da habilidade individual do próprio soldador, do que no caso da solda "termite". Além disso, o tempo gasto na confecção de uma junta soldada pelo sistema "termite" é bem menor.

Existe certa vantagem de custo na solda elétrica, porém, sob condições de tráfego na linha, o sistema a ser empregado, deve ser o da solda "termite" devido às vantagens de rapidez e de mão de obra. Nas vias principais, com tráfego intenso, a maior importância deve ser dada à qualidade absolutamente correta das soldagens e, para evitar defeitos e fendas capilares, as juntas devem ser controladas por meio de ultra-som.

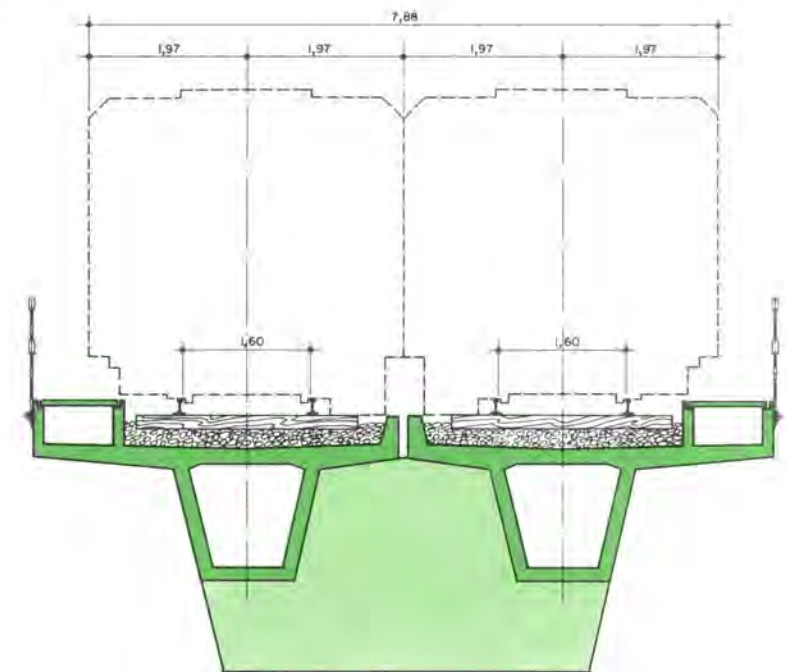
#### 30.1.5. Isolamento elétrico

A técnica de sinalização exige, na superestrutura, um bom isolamento da via, para que haja boas condições de funcionamento de certos sistemas de segurança e de dispositivos estacionários de controle automático dos trens, e isto, mesmo sob condições externas desfavoráveis.

Mesmo com tempo muito úmido e quente, por exemplo, deve ainda a superestrutura adotada, ou existente, oferecer uma resistência elétrica suficientemente alta entre os dois trilhos de uma via. O valor da condutibilidade elétrica, que não deve ser ultrapassado, sob pena de pôr em risco a capacidade funcional do sistema de sinalização, depende do tipo de sistema de segurança dos



30.4



30.5

trens. Esse coeficiente varia, aliás, de um caso para outro.

Em geral uma via assentada de acordo com as normas, sobre dormentes de madeira impregnada de óleo de alcatrão em leito com lastro, tem, em condições normais, uma resistência elétrica suficientemente alta. O assentamento, de acordo com as normas significa, no que diz respeito ao bom isolamento, que a altura entre o piso de subestrutura e a face inferior dos dormentes é respeitada, que se deixa um espaço livre de 6 cm entre o patim do trilho e o lastro, e ainda, que o leito de lastro tem uma drenagem perfeita.

No caso de fixação dos trilhos diretamente sobre a infraestrutura, deverão ser adotadas medidas especiais de isolamento. Com os métodos de construção conhecidos hoje em dia, consegue-se, em geral, um isolamento correto.

De acordo com o que consta na descrição dos elementos de uma fixação de trilhos diretamente sobre o pavimento (Cap. 30.1.2.2.), há uma camada intermediária de borracha ao longo da face inferior do patim do trilho e a laje inferior. Placas de borracha servem de apoio sobre a laje inferior. Finalmente, para efetuar o ajuste de altura sobre a superfície de concreto, é mister a colocação de uma base de plástico. As duas placas de borracha e a camada sintética, asseguram um isolamento suficiente. No intuito de evitar uma interligação através dos pinos de ancoragem no concreto, estes são chumbados no concreto por meio de uns adesivos especiais e em seguida isolados completamente da placa inferior por meio de uma manga de plástico e de arruelas igualmente de plástico sob a

porca de fixação. Um sistema de drenagem com funcionamento perfeito e a limpeza constante da pista de concreto, são outras tantas condições para a manutenção do coeficiente de isolamento exigido.

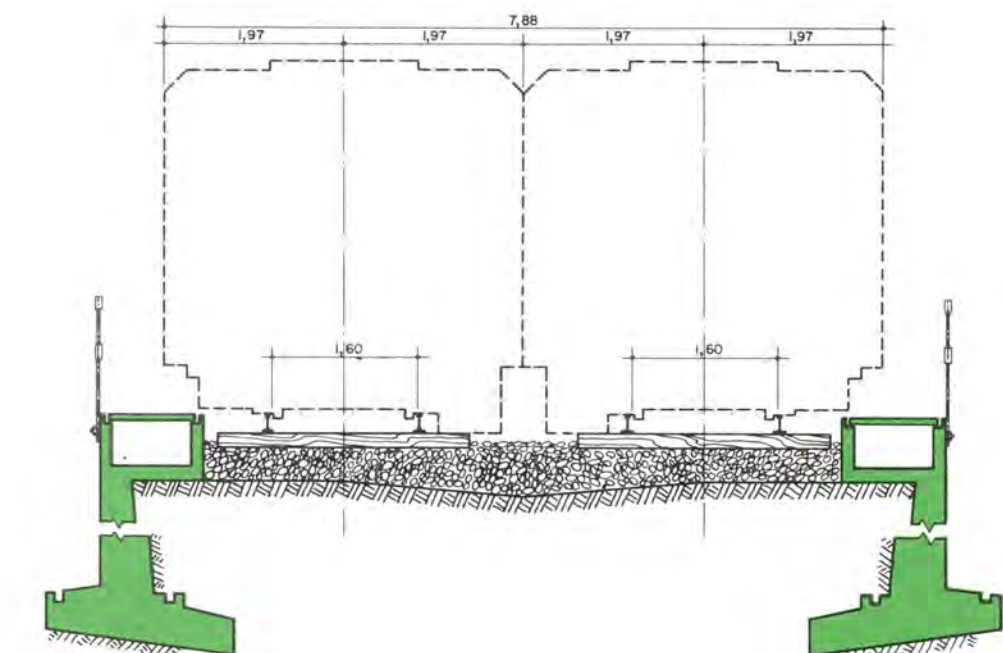
#### 30.2. Seções transversais padrão das linhas

O veículo especificado no capítulo 13, serve de base para fixação das seções transversais padrão das linhas de superfície, em elevado e em túnel, estes últimos a serem construídos a céu aberto ou pelo método de couraça.

Tendo em vista as dimensões do veículo, foram considerados todos os movimentos estáticos e dinâmicos do carro na curva com superelevação, bem como as tolerâncias na superestrutura, calculando-se, no anexo do capítulo 14.1., a seção transversal do gabarito de passagem livre. Dentro da área dessa seção transversal, não deverá haver instalações fixas.

Para os trechos de superfície e em elevado, foi estabelecido um único gabarito de passagem livre que servirá para todos os trechos com valores mínimo de 300 m e máximo de 170 mm, respectivamente, para os raios da curva e para a superelevação. A fim de obter maior economia na construção de túneis, foi desenvolvido um gabarito de passagem livre adicional, para trechos compreendendo curvas com raio mínimo superior a 6.500 m nos quais não haverá necessidade de prever





30.6

Fig. 30.4  
Seção em superfícieFig. 30.5  
Seção sobre elevadoFig. 30.6  
Seção elevada entre muros de arrimoFig. 30.7  
Túnel executado em galerias a céu aberto,  
para raios de  $6.500 \text{ m} < R < \infty$ Fig. 30.8  
Túnel executado em galeria a céu aberto,  
para raios de  $300 \leq R \leq 6.500 \text{ m}$ 

superelevação. Nos trechos em túnel com raios menores, compreendidos entre  $R = 6.500 \text{ m}$  e  $R = 300 \text{ m}$  será aplicado o gabarito normal acima citado.

Deve ainda ser notado que, para as inevitáveis exceções em que não for alcançado o raio mínimo de  $300 \text{ m}$ , deverão ser consideradas as seções transversais padrão constantes dos capítulos 30.2.1. até 30.2.3., com os seguintes aumentos dos gabaritos livres, e os conseqüentes aumentos parciais das distâncias entre eixos das vias e dos vãos livres das obras de construção:

raios de  $300\text{-}250 \text{ m}$ : gabarito livres ambos os lados  $+ 30 \text{ mm}$   
raios de  $250\text{-}200 \text{ m}$ : gabaritos livres ambos os lados  $+ 60 \text{ mm}$   
raios de  $200\text{-}150 \text{ m}$ : gabaritos de vão livre ambos os lados  $+ 110 \text{ mm}$ .

### 30.2.1. Seções transversais padrão do trecho em superfície

Na seção transversal padrão da linha dupla, no trecho em superfície, representada na figura 30.4., a distância entre eixos das vias, unindo dois gabaritos de passagem livre sem espaço entre si, é de  $3,94 \text{ m}$ . A posição inclinada dos gabaritos de passagem livre nos trechos de superelevação máxima da via, de  $170 \text{ mm}$ , e curva de raio mínimo de  $300 \text{ m}$ , já está incluída nesse cálculo.

O terceiro trilho estará disposto no lado interno das duas linhas. As ruas que cruzam a linha neste trecho deverão transpô-la subterraneamente ou em elevado. A fim de evitar a entrada de estranhos na linha ferroviária, deverão ser colocadas

cercas ou cercas-vivas do lado de fora das valas laterais.

### 30.2.2 Seções transversais padrão nas linhas em elevado

Para as linhas em elevado foi adotada a solução de peças pré-fabricadas, pela qual elementos pré-moldados de concreto protendido, poderão ser montados sobre pilares fundidos no local — (Fig. 30.5).

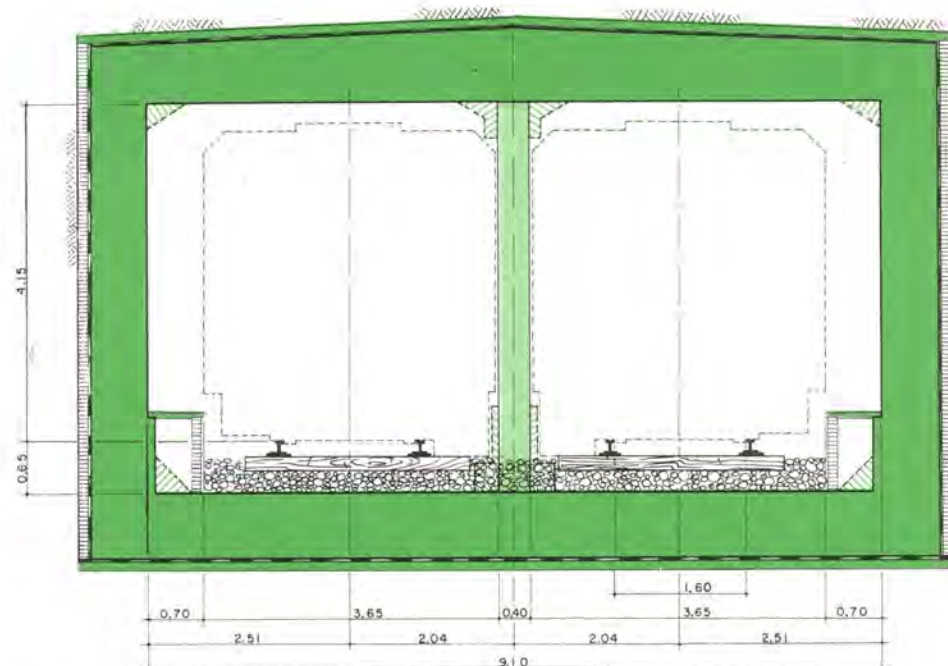
Em trechos de linha dupla, as duas linhas estarão apoiadas em vigas isoladas, com cerca de  $25 \text{ m}$  de comprimento, com um peso de montagem de aproximadamente  $40 \text{ t}$ . O terceiro trilho estará situado no lado interno das duas linhas. As canaletas laterais externas para cabos deverão abrigar os condutores de alimentação, telecomunicação e sinalização.

As coberturas das canaletas dos cabos constituirão, simultaneamente, as faixas de segurança, protegidas com balastrada lateral, e servirão para passagem do pessoal de serviço, e como passagem de emergência para passageiros em casos de interrupções do tráfego. A largura mínima prevista é de  $70 \text{ cm}$ .

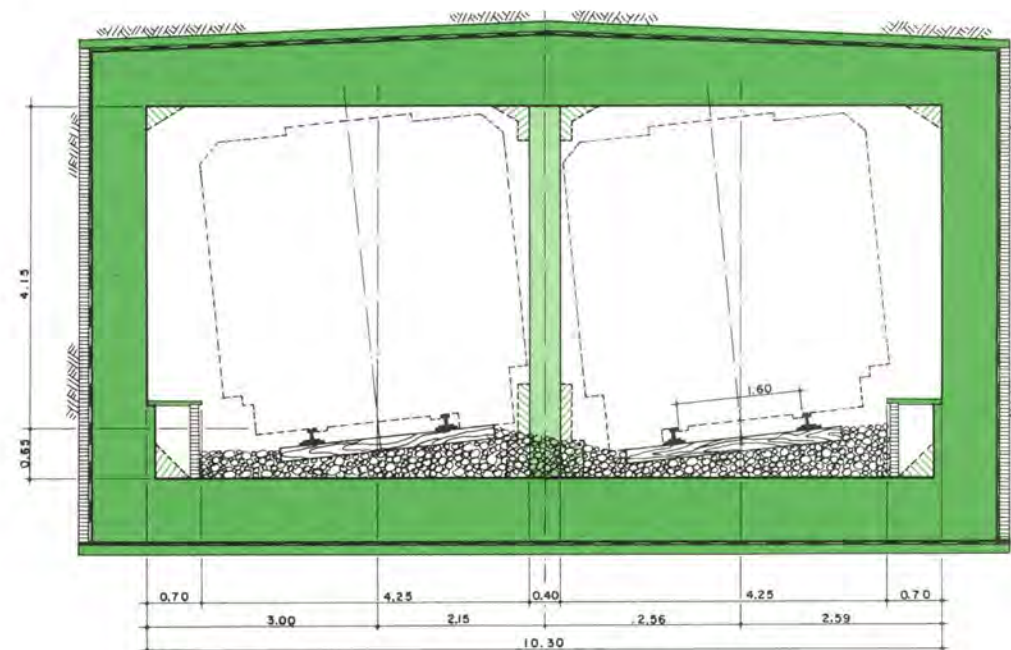
Com relação ao gabarito livre, valem as mesmas observações feitas no item 30.2.1.

### 30.2.3 Seções transversais padrão nos trechos em túnel pelo método a céu aberto

Para os trechos em túnel construído a céu aberto, foi proposto, como solução



30.7



30.8

mais econômica, um tipo de seção transversal retangular em pórtico, com parede central com aberturas ou pilares com viga mestra. Por motivos técnicos de construção, deverá ser reduzido o número dessas seções transversais da obra, que serão obtidas através dos diversos raios de curva e dos respectivos gabaritos de passagem livre, bem como pela posição inclinada resultante de superelevação da via.

Desta forma, propõe-se uma única seção transversal de túnel para trechos em linha reta e trechos em curva, com raio superior a  $6.500 \text{ m}$ , e uma outra seção transversal de túnel em curvas com raios entre  $6.500 \text{ m}$  e  $300 \text{ m}$  — (Fig. 30.6, e 30.8).

Convém observar ainda, que não serão executadas superelevações inferiores a  $20 \text{ mm}$ .

A altura livre do túnel será idêntica para ambas as seções transversais do túnel, por motivos técnicos de construção. Nessa altura estão incluídas as tolerâncias construtivas da cobertura do túnel, bem como a margem de segurança para recalques desiguais nos diversos trechos da abóbada. As tolerâncias construtivas relativas ao pavimento do túnel, deverão ser compensadas no lastro.

Está igualmente prevista uma tolerância construtiva entre o apoio central e o gabarito de passagem livre. Para essas seções transversais padrão foram projetadas passagens de emergência em ambos os lados, que permitirão — no caso de interrupções do tráfego — uma saída independente, e com boa vazão, para os passageiros de ambas as linhas. Além disso, é possível a conexão dessas passagens de emergências às plataformas laterais nas estações. Em princípio, as

passagens de emergência entre duas estações, não deverão cruzar a linha. A largura mínima da passagem de emergência ficou estabelecida em  $70 \text{ cm}$ , conforme o gabarito livre do trem. Em distâncias máximas de  $300 \text{ m}$ , essas passagens terão saídas de emergência, cujas dimensões permitirão o transporte de feridos em macas. As distâncias entre os pilares de apoio centrais deverão ser suficientemente grandes, para permitir o empilhamento de dormentes na direção do comprimento naquele espaço, quando houverem de ser feitas substituições ou reparos.

Os sinais e caixas de relés poderão ser dispostos dentro da área da passagem de emergência, acima da cobertura da passagem, a uma altura mínima de  $2,00 \text{ m}$ .

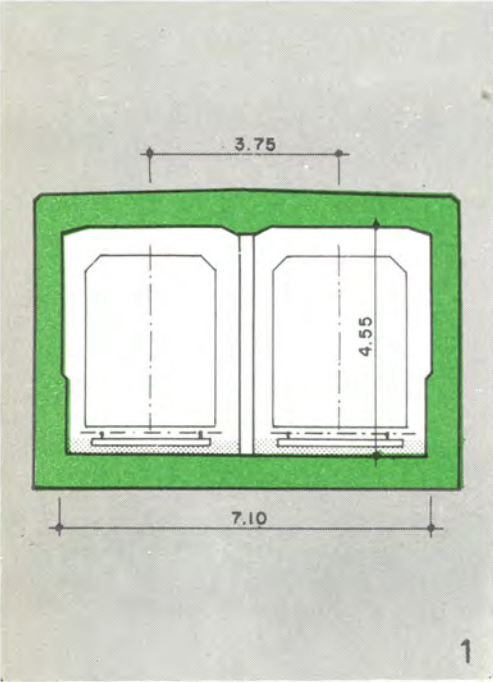
Para a instalação de cabos estão previstas canaletas laterais, cuja cobertura servirá como passagem de emergência; o terceiro trilho deverá ser colocado no lado oposto ao das passagens de emergência, isto é, no meio.

Como os túneis passarão freqüentemente por zonas de águas subterrâneas parcialmente agressivas, a seção transversal padrão apresenta a convencional camada de proteção e vedação de papelão betuminoso. Uma variante da seção transversal padrão sem pilares centrais, porém com esquema básico análogo, resultará em largura menor do túnel, o que poderá ser vantajoso no caso de ruas estreitas.

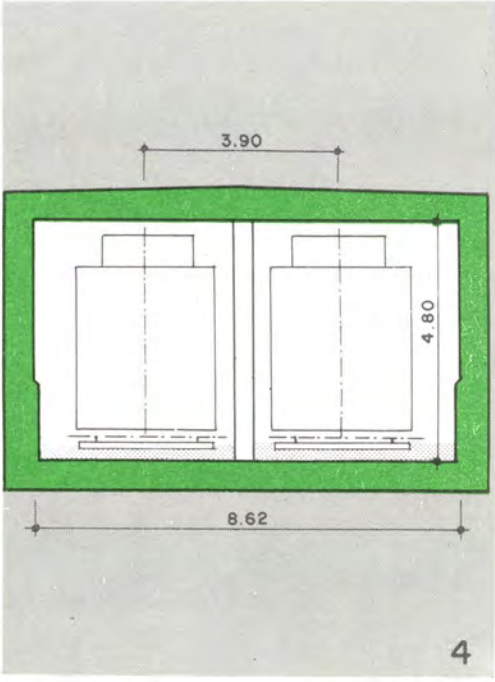
Nas figuras 30.9 e 30.10 acham-se apresentadas diversas seções transversais de túneis executados pelo método a céu aberto, em vários metros internacionais.



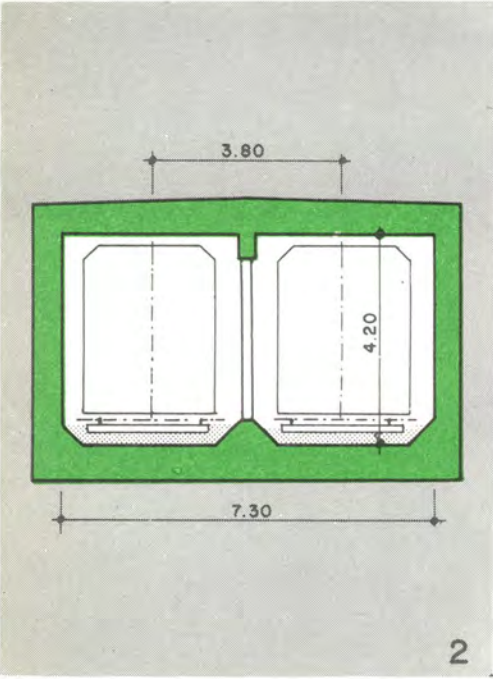
Fig. 30.9  
Seções de vários Metrô



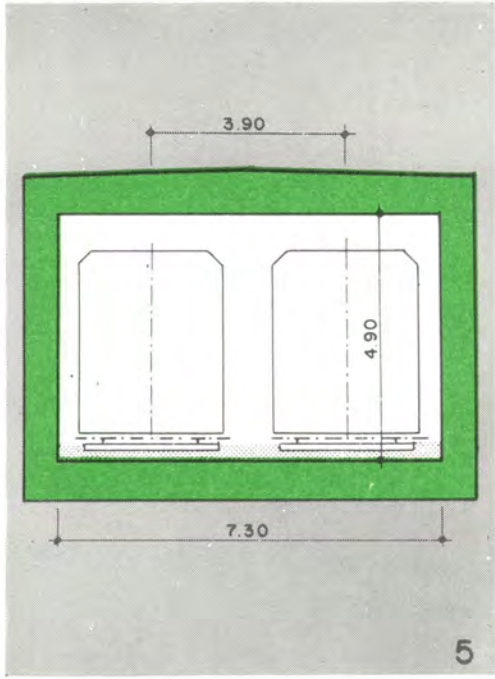
1 Metrô de Berlim  
com coluna central



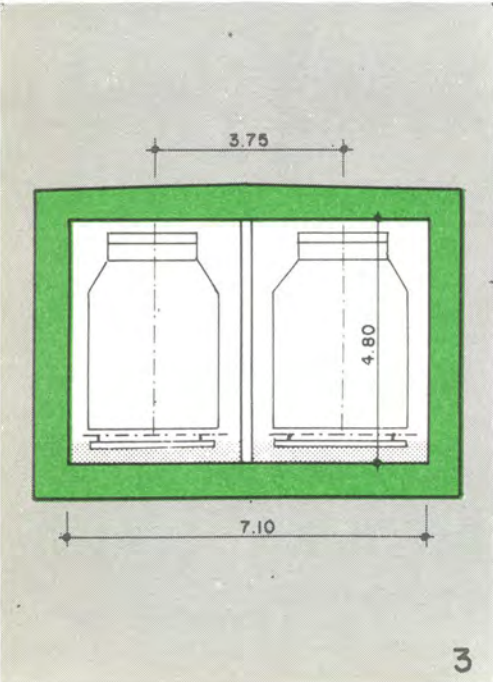
4 Metrô de Hannover  
com cabo superior



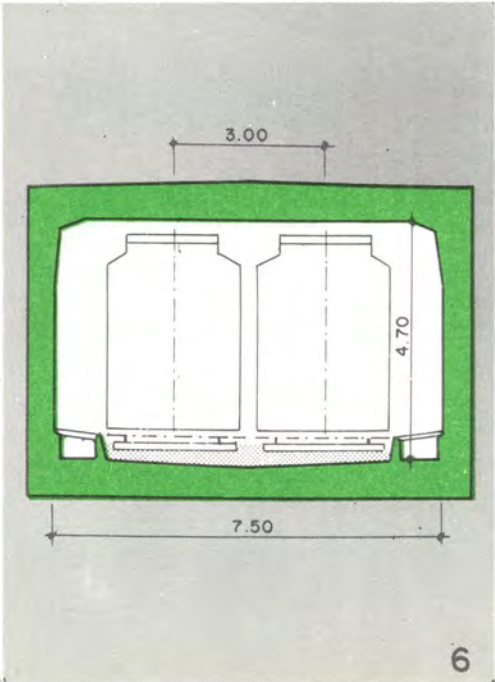
2 Metrô de Hamburgo  
com coluna central



5 Metrô de Munique  
sem coluna central



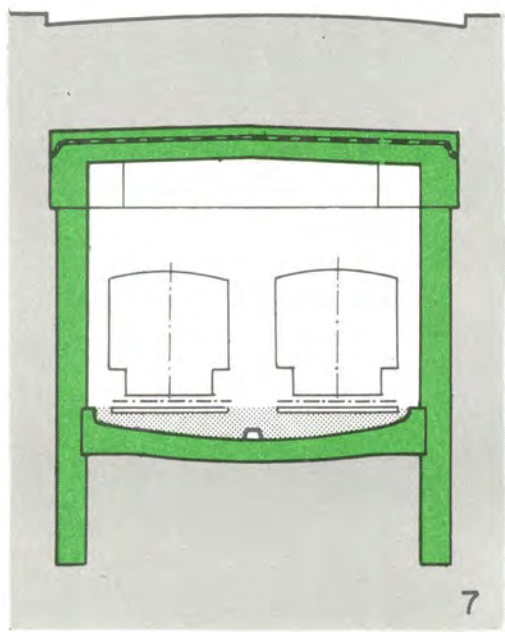
3 Metrô de Francfort  
com cabo superior



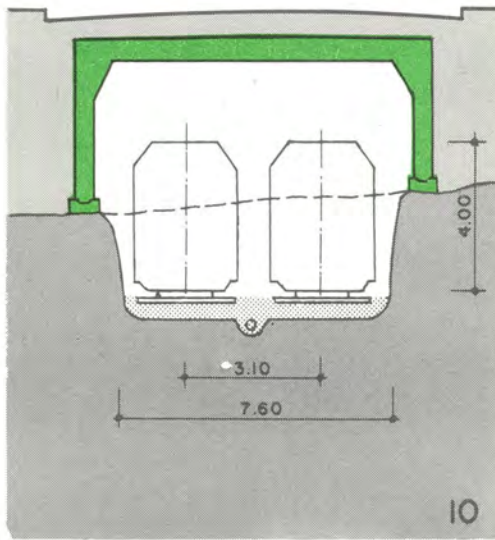
6 Metrô de Stuttgart  
sem coluna central, com cabo superior



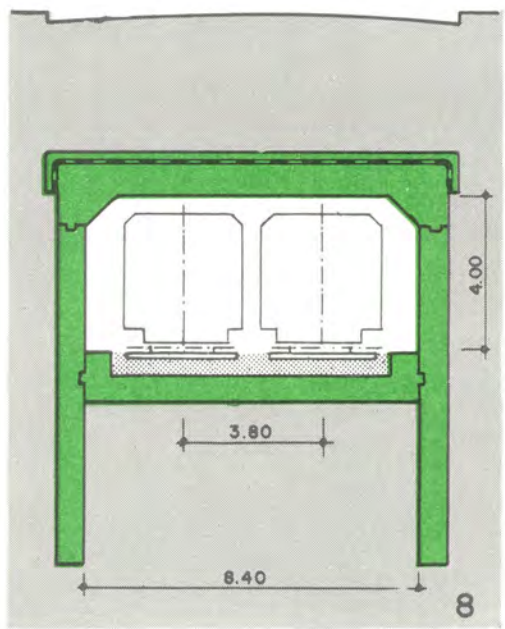
Fig. 30.10  
Seções de vários Metrô



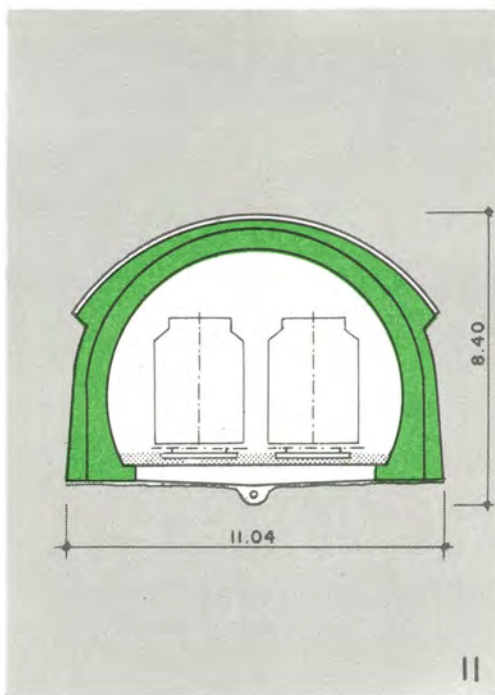
Metrô de Milão  
com paredes-diafragma



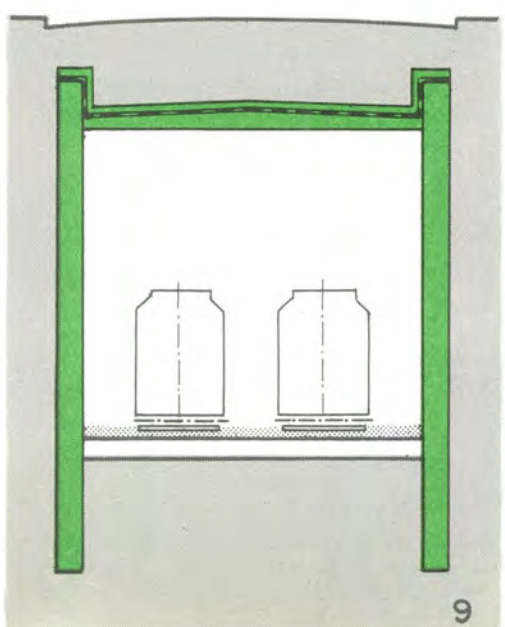
Metrô de Estocolmo  
parcialmente na rocha



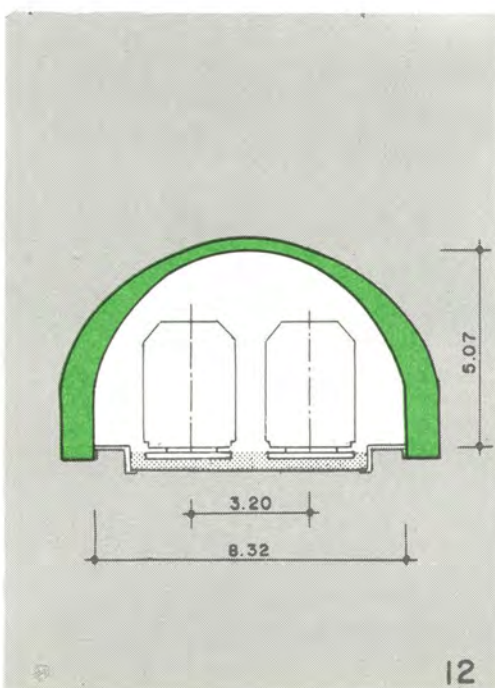
Metrô de Toronto  
com paredes-diafragma



Metrô de Essen  
construção abobadada

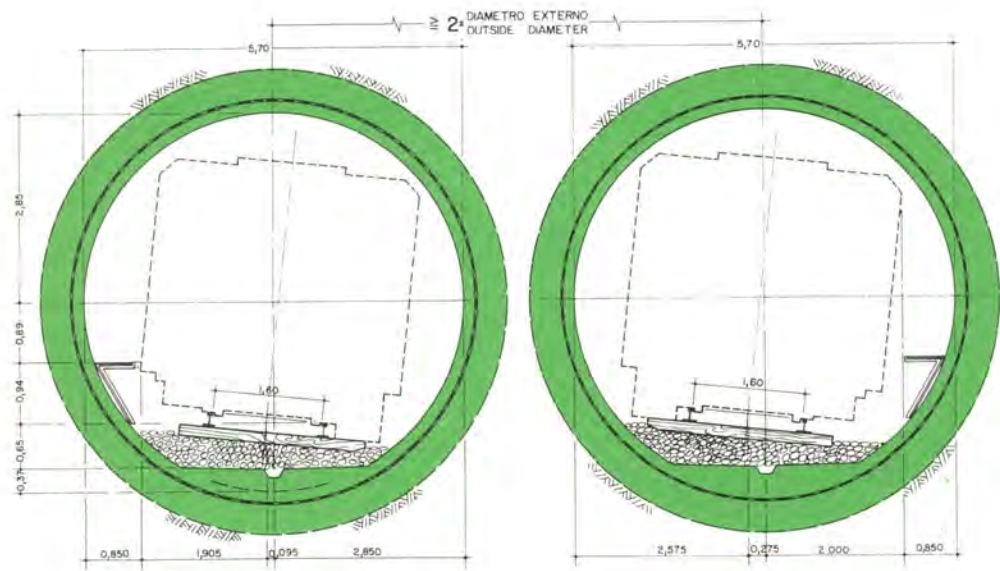


Metrô de Viena  
com paredes-diafragma



Metrô de Buenos Aires  
construção abobadada





30.11

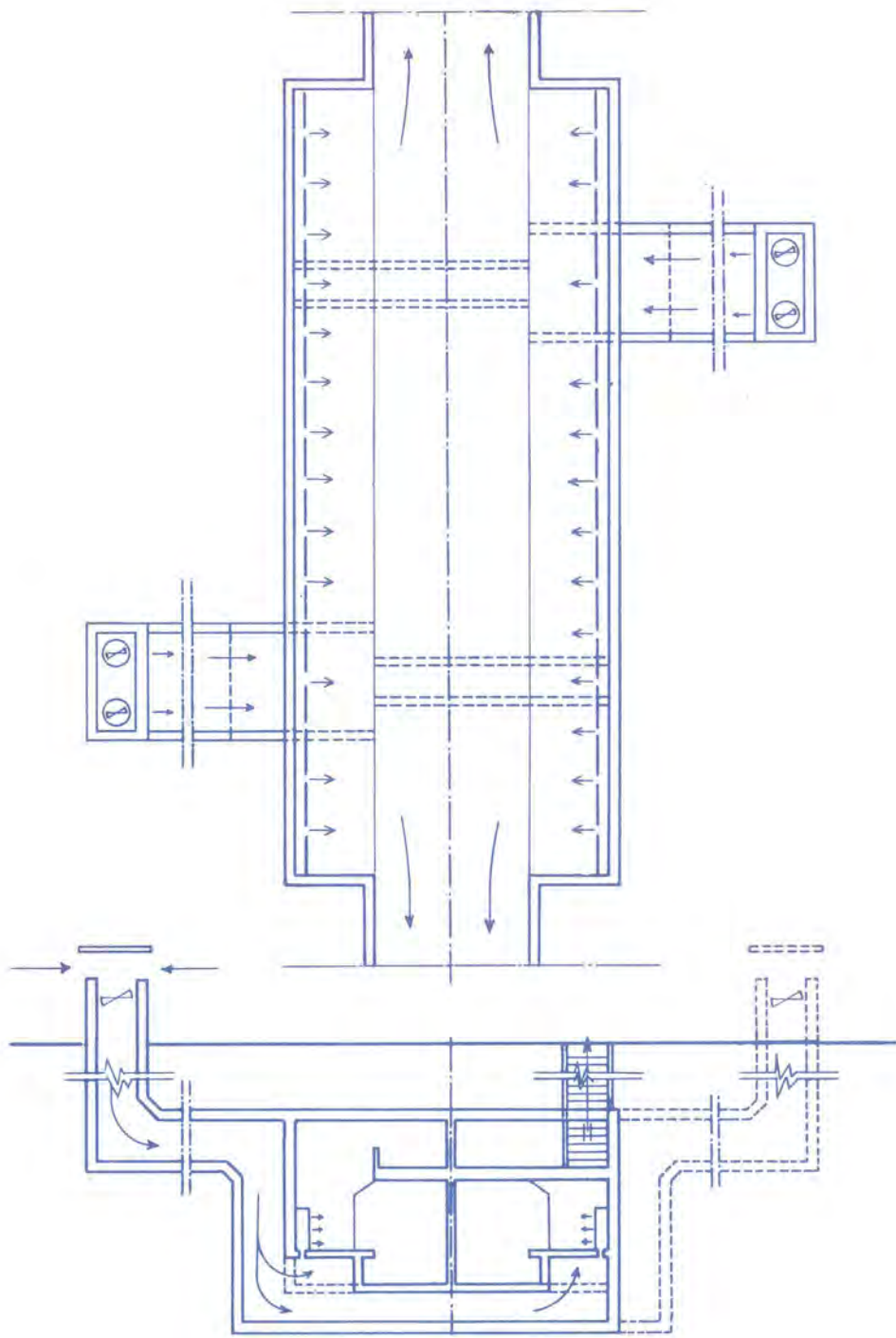
Trecho	Acimação S. Joaquim	S. Joaquim Liberdade	Liberdade Clóvis Bevilacqua	Clóvis Bevilacqua São Bento
Comprimento do trecho m	845	855	535*	725
Declive do trecho ‰	40,0	33,5	40,0	18,5
Volume do túnel e estação m <sup>3</sup>	37.600	37.940	30.980	35.180
Perdas de calor na circulação em rampa por cada par de trens	35.000	35.000	25.900	30.200
Perdas de calor por 30 pares de trens por hora	1.050.000	1.050.000	770.000	606.000

30.12

Fig. 30.11  
Túnel executado com couraça, para raios  
de 300 m ≤ R ≤ 6.500 m

Fig. 30.12  
Desenvolvimento de calor no trecho  
São Joaquim-São Bento

Fig. 30.13  
Esquema de renovação de ar nas estações



30.13

30.2.4. Seções transversais padrão  
para túneis pelo método couraça

Para os trechos a maior profundidade e para áreas com grande densidade de edificações, as quais — em virtude do traçado — deverão ser atravessadas subterraneamente, será utilizada a seção transversal padrão para túneis pelo método couraça com via singela, conforme representado na figura 30.11.

Para cálculo do diâmetro interno do túnel serve de base a seção transversal máxima do carro em movimento, conforme indicado no capítulo 14.1., que considera um raio de via mínimo de 300 m, e uma superelevação de trilhos unilateral de 170 mm (Fig. 30.12).

Ao diâmetro encontrado, foi acrescentada uma tolerância de 15 cm, para equilibrar as falhas de avançamento da couraça.

A largura da área da passagem de emergência nessa seção transversal circular, pode ser de dimensão reduzida na parte superior como inferior.

Também aqui os cabos poderão ser abrigados em canaletas laterais cuja cobertura servirá como passagem de emergência. As passagens de emergência serão dispostas no lado que possibilite uma conexão direta às plataformas.

O 3.º trilho deverá ser instalado no lado oposto da passagem de emergência.

O acabamento e a impermeabilização do túnel estão descritos nos capítulos 16.5.1. — 16.5.4.

30.3. Ventilação das estações e dos  
túneis e climatização dos recintos das  
estações.

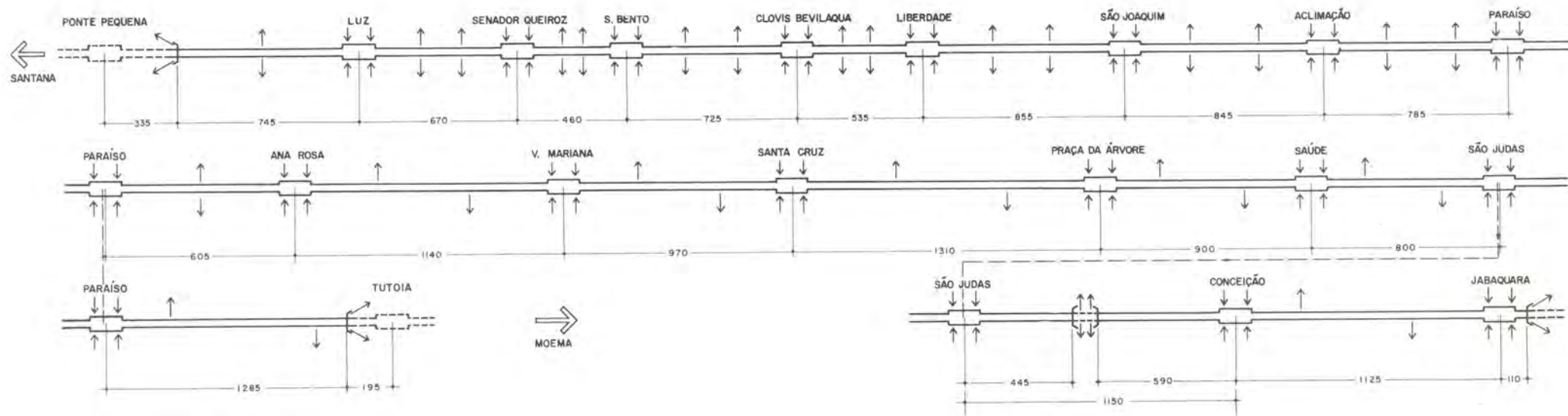
No caso trata-se de duas tarefas diferentes a solucionar. A tarefa mais importante e tecnicamente mais difícil, é a ventilação das estações e dos trechos de túnel. A segunda tarefa é a ventilação e a climatização de recintos isolados dentro das estações.

30.3.1. Ventilação das estações e  
de trechos de túnel.

A tarefa principal de um metrô, consiste em aliviar o tráfego individual no centro urbano. Assim sendo, esse tráfego deve ser suficientemente atrativo, a fim de dar motivo aos seus passageiros, para que este se transfiram do automóvel próprio para um meio de transporte do tipo ferroviário. Isto, porém, significa que o metrô não somente deve ter uma alta velocidade comercial, apesar das distâncias relativamente curtas entre os pontos de parada e uma sequência de trens de alta intensidade, mas ao mesmo tempo oferecer aos seus passageiros suficiente conforto, para que esses não desistam do uso do metrô por motivos, que a primeira vista pareçam de pouca importância.

Os principais fatores desse conforto são as condições climáticas no interior das estações subterrâneas e dos trechos de túnel. O clima subtropical de São Paulo, em temperatura máxima média durante os meses de verão até cerca de 32°C, com uma umidade relativa do ar com a média mensal de 87%, é outro motivo mais, de prestar a devida

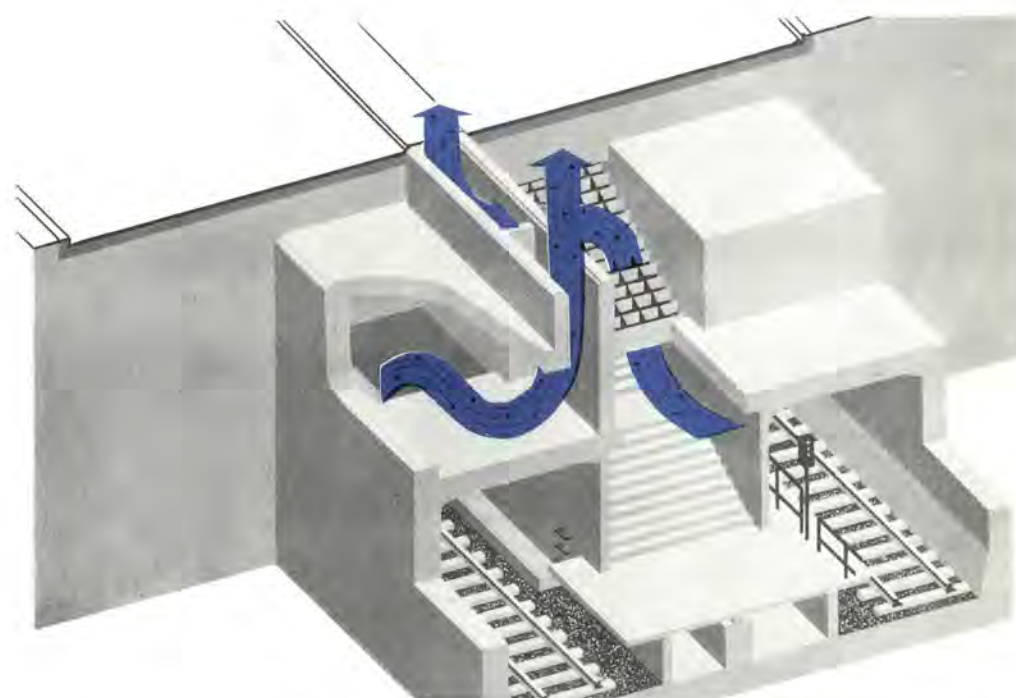




30.14

Fig. 30.14  
Disposição do sistema de ventilação na Linha Santana-Jabaquara

Fig. 30.15  
Compensação da corrente de ar



30.15

atenção ao problema de ventilação. A climatização — no caso em pauta:

refrigeração, desumidificação e reaquecimento do ar — atualmente não é justificável, nem técnica, nem economicamente, em vista dos altos custos. Entretanto, a climatização representaria o máximo de conforto possível.

Assim sendo, a exigência mínima deverá ser, que ao menos nas plataformas, as condições fisiológicas não sejam essencialmente piores do que as condições externas.

### 30.3.2. O plano de ventilação.

Em princípio, a tarefa existente só poderá ser resolvida mediante a alimentação das estações com ar vindo da parte externa. Esse ar externo deve ser aspirado por ventiladores axiais através de tomadas de ar, sendo conduzido, sob pressão, para o interior da estação através de canais e insuflado através de chapas perfuradas localizadas na parede ao longo das plataformas. As tomadas de ar deverão estar situadas tão alto quanto necessário acima do nível da rua, protegidas contra os efeitos dos raios solares e águas pluviais e, sempre que possível, deverão ser construídas em parques ou gramados, a fim de aspirar o mínimo possível de poeira ou gases de escapamento. As instalações para a condução do ar (canais, poços etc.), deverão ser dimensionados de tal maneira, que na medida do possível a velocidade do ar não ultrapasse 20 m/s, pois do contrário, a demanda de pressão — e com isto a demanda de potência para o acionamento dos ventiladores —

poderá atingir valores não justificáveis. Além disso, o nível de ruídos do sistema de ventilação poderá sofrer influências prejudiciais. O volume de ar deverá ser calculado de tal maneira, que nas estações do centro com o máximo movimento, seja alcançado o máximo fisiologicamente admissível da velocidade do ar. Em princípio, essa concepção da ventilação é apresentada na figura 30.13.

O ar das estações é levado através dos trechos de túnel para ser aspirado por ventiladores axiais, instalados nos poços preparados para tanto, sendo então conduzido sob pressão para a atmosfera exterior. O volume do ar exaurido provavelmente deverá ser menor que o volume do ar insuflado, para evitar que poeira ou gases de escapamento sejam aspirados através dos acessos às estações (Fig. 30.14).

Esse plano preliminar de ventilação tem a vantagem de os passageiros encontrarem no interior das estações aproximadamente as mesmas condições de ar existentes fora das instalações do metrô. Além disso, os trens, cujo sistema de ventilação exige maior intercâmbio de ar, quando as portas estão abertas, recebem nas estações ar externo, que ainda não se encontra aquecido.

O excesso de ar externo em comparação com o ar a ser exaurido, facilita adicionalmente o arejamento de todo o edifício das estações, no sentido de convecção natural

Outra vantagem considerável é a diminuição da corrente de ar, que do contrário poderia incomodar os passageiros nas

plataformas, quando os trens adentram a estação.

Aberturas especiais para a eliminação da corrente de ar somente precisam ser previstas em caso de dimensões especiais dos túneis. A ventilação somente pelo efeito de embolo dos trens, através de aberturas especiais nas cabeceiras das estações não pode ser considerada para São Paulo, pois não seria suficiente para a retirada do calor, em vista das condições climáticas aqui reinantes.

Como exemplo para instalações do tipo descrito, menciona-se o Metrô de Berlim (Fig. 30.15) e o Metrô de Nova Iorque.

Como exemplo das consequências uma ventilação insuficiente podem ser mencionados dois acidentes ocorridos no Metrô de Montreal e que foram motivados pelo aumento excessivo da temperatura no interior das instalações subterrâneas<sup>1)</sup>.

Apesar das estações de Montreal terem uma ventilação forçada, é evidente que o volume de ar não é suficiente. Outra desvantagem em Montreal é a condução errônea do ar. O ar que é insuflado contra os trens por baixo da plataforma, é aquecido pelas resistências de frenagem, antes de atingir o recinto dos passageiros.

Além disso soube-se de uma sugestão<sup>2)</sup>, no sentido de melhorar as condições da ventilação do Metrô de Nova Iorque, através de um sistema de ventilação idêntico ao que foi proposto para São Paulo. As novas linhas do Metrô de Lisboa também terão ventilação de acordo com este princípio

### 30.3.3. Pré-dimensionamento das instalações de ventilação.

No âmbito deste estudo somente poderão ser apresentados valores aproximados para os volumes de ar e para as instalações de ventilação necessárias. Inicialmente parte-se do valor máximo da velocidade de ar, fisiologicamente admissível, valor esse fixado em 1 m/s. O volume de ar é determinado, considerando que nos dois lados da estação e em toda sua extensão há uma corrente de ar que se desloca com uma velocidade de no mínimo de 0,3 m/s da parede de ventilação em direção ao leito da via. Admitindo uma altura de 3 m para a saída do ar e um comprimento da plataforma de 136 m, obtém-se o seguinte volume de ar para cada estação:

$$\text{Vol. max.: } 0,3 \times 2 \times 136 = 245 \text{ m}^3/\text{s}$$

O consumo específico de energia para o acionamento dos trens é, de acordo com o capítulo 25 deste

<sup>1)</sup> The Railway Gazette, March 1, 1968 — p. 183/4

<sup>2)</sup> The Municipal Engineer Journal. Vol. 41, item 4 — 1965, New York



relatório, 0,136 kWh/t-km. Com uma distância média entre estações de 870 m, um peso de 212 t lotação média), 40 trens/h em cada sentido e o equivalente térmico de 860 kcal/kwh se obtém uma carga térmica para cada trecho de:  $0,136 \times 0,870 \times 212 \times 40 \times 2 \times 860 = 1,73 \times 10^6$  kcal/h.

Este valor se refere a uma estação subterrânea típica. A fim de considerar ainda a carga de calor dissipada pelos passageiros e equipamentos das estações (iluminação, escadas rolantes, etc.) admite-se que o valor acima se eleva a:

$$1,9 \times 10^6 \text{ kcal/h}$$

Com um volume de ar de 245 m³/s, um peso específico do ar de  $\gamma = 1,16 \text{ kg/m}^3$  e um calor específico do ar de  $c_p = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ , calcula-se a elevação da temperatura.

$$t = \frac{1,9 \cdot 10^6}{0,24 \cdot 1,16 \cdot 245 \cdot 360} = 7,7^\circ \text{C}$$

Esta elevação da temperatura do ar não é verificada totalmente na área das plataformas. A elevação de temperatura calculada e total, todavia, somente é encontrada nas cabeceiras das estações.

Na hipótese da existência de uma certa diferença de temperatura entre o ar e as paredes de concreto, há a possibilidade de um armazenamento de calor nestas paredes, sendo que desta forma poderá ser considerado um pouco menor. Evidentemente as paredes de concreto devem ser resfriadas durante os períodos de tráfego reduzido, o que poderá ser conseguido pelo funcionamento da ventilação mesmo durante o período de paralisação operacional. A redução da temperatura do ar através da absorção de calor nas paredes dos túneis ainda não pôde ser calculada com exatidão. Também pode-se pensar ainda em outras medidas para a melhor ventilação das estações.

Assim se pode mencionar uma exaustão do ar aquecido pelas resistência de frenagem dos carros, através de dispositivos adequados instalados por baixo das plataformas. O grau de necessidade destas instalações e o volume dos investimentos, só poderão ser elucidados pelo futuro planejamento.

Considerando, que a diferença de temperatura calculada representa um valor médio para uma estação subterrânea típica, a capacidade dos ventiladores deveria ser regulável de maneira que as condições climáticas em cada estação sejam aproximadamente idênticas.

### 30.3.4. Ventiladores

Por motivos econômicos, deverá ser determinado o uso de ventiladores de tipo e tamanho idênticos o máximo possível, tanto para a ventilação das estações, como para a exaustão dos túneis.

Inicialmente estão previstos:

Ventiladores axiais, com cerca de 2,00 m de diâmetro; com pás reguláveis; acionamento por motores elétricos diretamente acoplados, eventualmente executados com polos reversíveis, para, fora das horas de pico (do rush) poder prover a ventilação desejada com capacidade reduzida.

Dados técnicos estimativos para os ventiladores:

Volume de ar movimentado  
 $V = 50 \text{ a } 70 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Pressão total em relação a  $\gamma = 1,0 \text{ kg/m}^3$   
 $\Delta P_{\text{total}} = 30 \text{ a } 40 \text{ mm CA}$   
 Rotação dos ventiladores  
 $n = 860/570 \text{ rpm}$   
 Potência nominal do motor  
 $P_{\text{max}} = 40 \text{ kW}$

Para os ventiladores poderá ser prevista operação paralela tanto nos canais de ar aspirado como para o ar exaurido.

### 30.3.5. Ventilação e climatização de recintos dentro das estações

Para propiciar uma permanência tolerável aos funcionários do metrô, obrigados a trabalhar a maior parte do tempo nas estações subterrâneas, estes recintos deverão ser climatizados. Deverão ser adotados aparelhos de tamanho e tipo idênticos, sendo preferível a instalação de dois aparelhos em um recinto maior, do que usar tamanhos diferentes.

Todos os recintos, onde serão instalados equipamentos elétricos de controle ou sinalização, deverão ser mantidos sob pressão através da adução de ar isento de pó, para proteger os equipamentos contra o acúmulo de sujeiras. As salas de baterias deverão receber uma exaustão, o que também é válido para as instalações sanitárias. Todos os outros recintos devem ser providos de aberturas de ventilação, a fim de possibilitar ao menos uma ventilação natural.

## 30.4. Drenagem

Devido às fortes chuvas em São Paulo, deve ser dada especial atenção à drenagem das linhas do metrô, pois se a inundação das vias chegar a atingir o 3.º trilho, poderá provocar curtos-circuitos e, conseqüentemente, indesejáveis interrupções de tráfego.

### 30.4.1. Drenagem da linha

Ao longo das linhas somente será feita a drenagem das águas pluviais, enquanto que nas estações haverá também drenagem de esgotos.

#### 30.4.1.1. Trechos de superfície

Nos trechos das linhas de superfície será feita drenagem através de valas laterais, conforme é feito nas ferrovias. Deverá ser previsto escoamento satisfatório das águas, para que sejam evitadas interrupções no tráfego, mesmo por ocasião de chuvas intensas.

#### 30.4.1.2. Trechos em elevado

Esses trechos são executados na maioria das vezes na horizontal e com peças pré-fabricadas. A placa superior da viga pré-fabricada tem uma inclinação transversal de cerca de 1:75, formando uma calha central. O declive longitudinal necessário — 1:75 até 1:100 — do centro da viga

até o suporte poderá ser executado na própria peça pré-fabricada. Em ambos os lados dos suportes serão colocadas caixas coletoras, cujos condutores levarão até a calha da rua ou diretamente até a rede de águas pluviais. As caixas coletoras serão providas de grades. Para evitar inundações das linhas quando houver fortes enxurradas e entupimentos das canalizações, deverão ser previstos ladrões em distâncias de aproximadamente 8,00 m.

As rampas de acesso do nível elevado para nível subterrâneo representam pontos críticos do sistema de drenagem.

Aí serão previstos, para escoamento das águas pluviais, na boca do túnel, transversais ao eixo da via, coletores adequadamente dimensionados e providos de rampas. Considerando as grandes vazões de enxurrada, esses coletores transversais serão dispostos em relação ao túnel, com uma inclinação máxima de 45° (Fig. 30.16), serão cobertos por uma grade para a retenção do lastro e, providos de um coletor de areia. Dependerá das condições locais a possibilidade de ser feita uma conexão direta à rede de drenagem existente ou se deverá ser projetado um sistema de bombeamento. Havendo ligação direta à rede de drenagem, deverá ser examinado cuidadosamente o perigo de transbordamento. Nos trechos mais compridos em rampas eventualmente deverão ser instalados poços coletores adicionais.

#### 30.4.1.3. Trechos subterrâneos

Como os trechos subterrâneos são quase todos em declive, as águas serão levadas até as estações, onde serão coletadas e bombeadas. As águas que penetrarem pelos poços de arejamento, saídas de emergência e instalações similares serão em tão pouca quantidade, que não necessitarão de providências especiais.

### 30.4.2. Drenagem nas estações

Na área das estações haverá não só instalações de águas pluviais, como também de esgotos. Para cada estação deverão ser previstos lavatórios e sanitários para o pessoal do metrô, para os empregados das lojas e para o público.

#### 30.4.2.1. Estações na superfície

Na área das estações, a drenagem das águas pluviais será feita através de coletores entre as duas vias (Fig. 30.17). Essas canalizações serão ligadas, no extremo da estação, aos poços abertos de drenagem ou às canalizações existentes. Os esgotos dos lavatórios e sanitários serão levados diretamente ao sistema de canalização do DAE.

Para as estações sobre atterro ou em cavas, a drenagem será feita da mesma forma. Caso não seja possível uma drenagem por gravidade, nas cavas mais profundas, deverá ser previsto um sistema automático de bombeamento.

#### 30.4.2.2. Estações em elevado

Os telhados das plataformas das estações elevadas serão construídos pela justaposição de peças pré-moldadas de concreto armado, em cujos perfis já se acham incluídas as calhas. As águas pluviais serão conduzidas por condutores do tipo convencional para as sarjetas das ruas ou diretamente para a rede de águas pluviais. Para o lastro será

empregado o mesmo sistema de drenagem da linha, através de declives longitudinais em direção aos pilares.

### 3.4.2.3. Estações subterrâneas

Nas estações subterrâneas as águas provenientes dos lavatórios, sanitários e de lavagem das plataformas, escadarias e áreas operacionais, serão conduzidas a um poço coletor e bombeadas para a rede de esgotos do DAE através de bombas automáticas. Pequenas quantidades de águas pluviais que eventualmente atinjam essas estações, serão desviadas para o mesmo poço coletor.

Na construção das escadas de acesso e na área das calçadas serão tomadas providências técnicas para reter as águas pluviais na superfície. A pavimentação da calçada deverá ser elevada em direção ao início da escada, formando uma contra-rampa. Degraus ascendentes a partir da calçada impedem o movimento na mesma. Somente nas áreas da cidade que se situam em vales e que estão sujeitas a ocasionais inundações, como por exemplo, o Anhangabaú, deverá ser previsto pelo menos um degrau para evitar uma inundação do túnel metroviário. Os acessos desse tipo deverão ser cobertos e, se possível, situados no interior dos edifícios — (Fig. 30.18).

### 30.4.3. Dimensões das instalações de drenagem

A quantidade de águas de esgoto provenientes dos lavatórios, sanitários e da lavagem dos pisos, é facilmente calculada através de determinações já realizadas. Observações meteorológicas informam sobre a quantidade de águas pluviais que deverá servir de base para o dimensionamento das canalizações e das bombas.

O escoamento em trechos elevados ou de superfície poderá eventualmente ser lento, pois as dimensões próprias para enxurradas excepcionais, que ocorrem, aproximadamente, uma vez cada 10 anos, seriam anti-econômicas. Todavia, nos trechos subterrâneos, o poço coletor na boca do túnel, as canalizações de escoamento e a eventual estação de bombeamento deverão ser dimensionados para essas enxurradas excepcionais, pois é imprescindível, nesse caso, a proteção contra as inundações que significarão forçosamente a paralisação do tráfego.

### 30.5. Linhas básicas da configuração arquitetônica

Na elaboração dos projetos de instalação de uma rede de metrô cabe ao projetista não apenas atender às exigências funcionais peculiares a cada estrutura senão também ao ponto de vista arquitetônico e estético de sua integração no plano urbanístico da cidade.

A importância fundamental dos requisitos funcionais é fácil de entender quando se considera a enorme afluência de tráfego decorrente da implantação do futuro metrô paulistano. Trems com capacidade para 2.000 pessoas, cada um, deverão transportar os passageiros, nas horas de pico, em intervalos de 90 segundos. Para isso são necessárias muitas estações destinadas ao embarque de



grandes massas de passageiros que se deslocam em sentidos contrários.

Compreende-se que o desempenho dessa função precípua tenha a primazia na solução arquitetônica e sirva de base para concepção geral e dimensionamento das estações.

Na planificação dos edifícios do metrô e, particularmente das estações, a apresentação estética tem grande importância e deverá ser considerada como "requisito funcional" pois visa atrair passageiros.

Como, em última análise, as funções supracitadas assim como as incumbências estruturais das obras são elementos básicos dos projetos, só poder-se-á ter delas uma concepção perfeita através de uma visão de conjunto.

Meios de realizar estes objetivos são, nos projetos elaborados, os métodos da moderna técnica de construção e a observância de princípios da moderna técnica de construção livres de qualquer exotismo.

**As estações elevadas:** Nos trechos de linhas elevadas, a inclusão, no panorama da cidade, dessas construções com grandes e imponentes dimensões, atraindo, pela sua própria natureza fluxos excepcionais de trânsito, deverão merecer atenção ainda maior. Daí a necessidade adicional de criar estruturas que, por meio de formas de aparência elegante, não asfixiem a vizinhança mas, pelo contrário, articulem-se harmoniosamente, com as construções circunvizinhas.

Os projetos anexos do capítulo 31. propõem soluções que preenchem

esses requisitos. Baseiam-se no emprêgo de elementos de construção pré-fabricados que obedecem a esse critério. Pela variação da posição das diferentes partes da construção, como galerias de acesso, escadarias, saguões, etc., obtêm-se variantes na forma estrutural da obra. Por meio de diferentes coloridos dar-se-á a cada estação elevada uma nota individual suplementar.

#### As estações subterrâneas:

No planejamento das estações subterrâneas, ao mesmo tempo que foram satisfeitas as exigências funcionais, desejou-se igualmente apresentar uma realização arquitetônica que fôsse, em si mesma, decorativa e aprazível. Duas alternativas, diametralmente opostas, podem ser adotadas, no tratamento arquitetônico das estações. Por um lado — como em

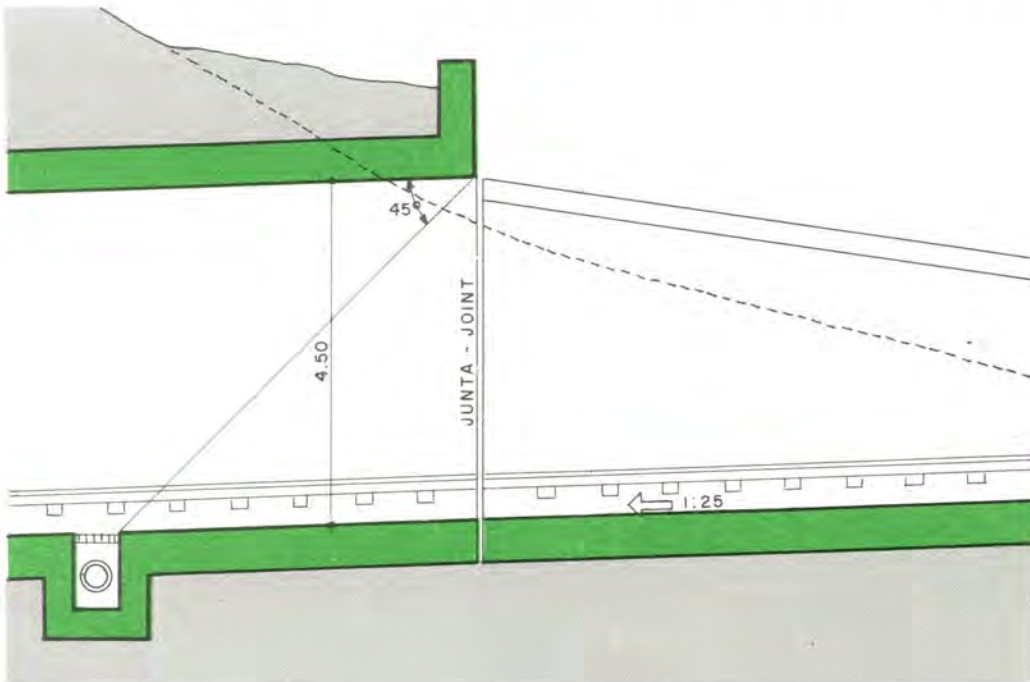
Toronto — pode-se disfarçar completamente o caráter subterrâneo da estação com o emprêgo de construções internas leves, coloridas e convenientemente iluminadas; ou então, aproveitar a própria estrutura subterrânea do metrô, em seus moldes e em suas formas, para acentuar este caráter. A disposição e dimensionamento das instalações oferecem múltiplas possibilidades de distribuição estética do espaço.

Poder-se-á explorar, com especial empenho, as possibilidades proporcionadas pela altura das estações. Generosos dimensionamentos espaciais permitirão aproveitar as possibilidades de perspectivas para efeito de configuração da construção.

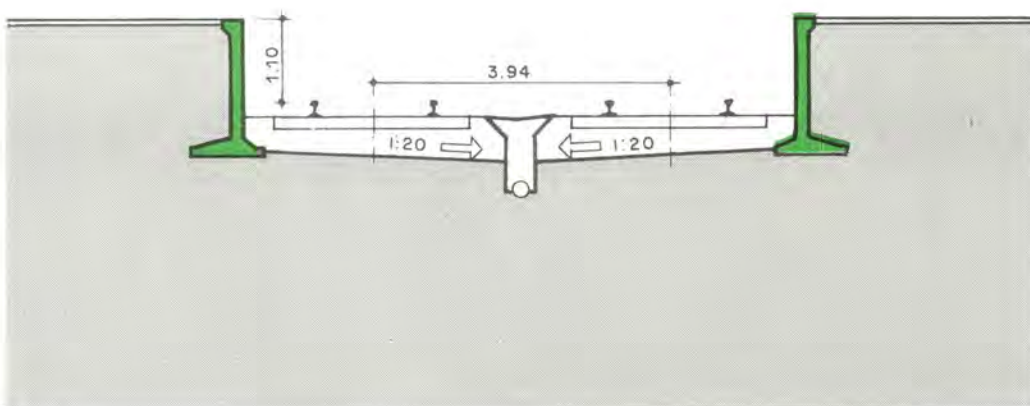
A propósito deve-se ainda mencionar a grande importância da disposição final de cada uma das estações no quadro da elaboração dos projetos de execução. Nesta fase será de importância fundamental confiar a responsabilidade desses projetos aos mesmos arquitetos que imprimiram seu cunho ao conjunto total. Só assim poder-se-á assegurar uma concepção harmoniosa e evitar projetos separados, por demais individualistas, que poderiam vir a prejudicar talvez mesmo os requisitos funcionais da obra.

Para ambos os tipos de estação — elevadas e subterrâneas — seria desejável além disso uma padronização estrutural, cuidando-se contudo de evitar a monotonia no conjunto geral. De maneira mais ampla, isso poderia ser realizado pela disposição das entradas e saídas; nesse setor tem-se em geral conseguido fazer com que a própria arquitetura sirva para orientar as correntes de passageiros.

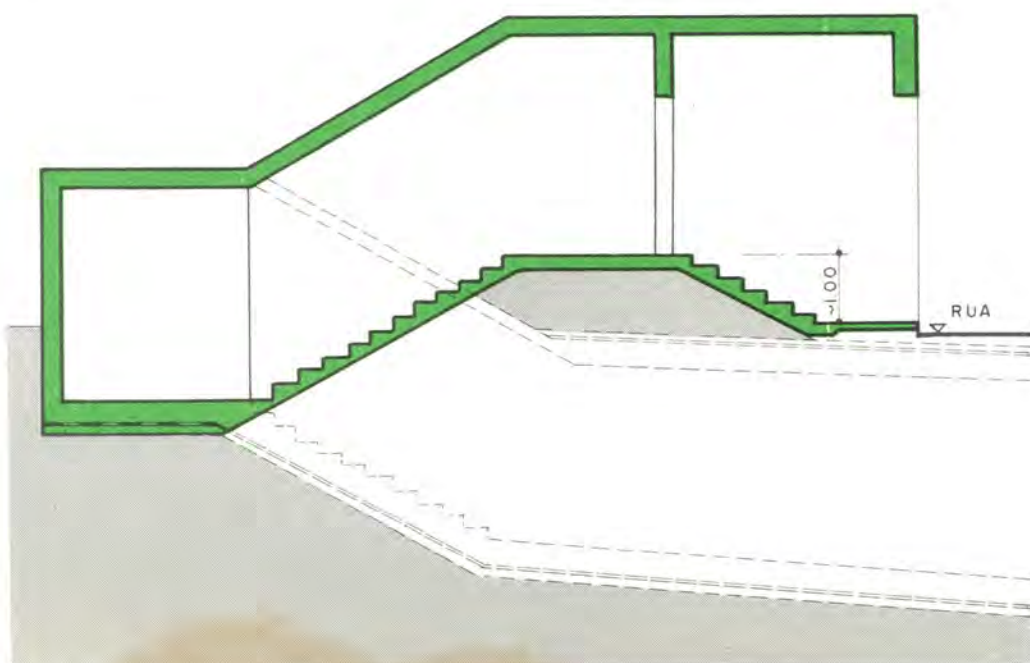
Além disso, são justamente as galerias de entrada e os vestibulos que proporcionam uma grande riqueza de variações na distribuição dos espaços e instalações das estações, podendo-se aí realizar alternativas de concepção nas unidades arquitetônicas.



30.16



30.17



30.18

Fig. 30.16  
Proteção contra chuvasFig. 30.17  
Proteção contra chuvasFig. 30.18  
Proteção contra chuvas



Para a primeira etapa da construção foram elaborados pré-projetos para estações, vias e diversas obras especiais, tendo em vista as exigências específicas, tanto do tráfego como dos serviços. Esses trabalhos estão reunidos no fim deste capítulo.

### 31.1. Exigências urbanísticas para o projeto de estações, linhas e áreas circunvizinhas

Dentro do quadro urbanístico, as construções do metrô destacam-se, principalmente, quando situadas na superfície ou quando são elevadas.

As vias na superfície ou em elevado, freqüentemente estão dispostas na faixa central de avenidas, esquema adotado particularmente nos E.U.A.

Em algumas linhas recentemente construídas nos E. U. A. e na Europa, foi escolhida uma disposição, na qual a linha do metrô corre em um dos lados da avenida, em uma faixa ajardinada. Esta solução provou ser muito apropriada para os bairros residenciais situados fora do centro. Como os trechos na superfície e em elevado, passam quase que exclusivamente pela periferia, essa solução, permite, paralelamente, importantes obras de urbanismo e a obtenção de áreas verdes e de recreio, tão necessárias aos habitantes da metrópole.

Soluções desse tipo deverão ser previstas dentro do planejamento urbanístico, principalmente para os trechos nos subúrbios, a serem projetados futuramente.

Particularmente, as construções em elevado podem ser adaptadas harmoniosamente ao quadro urbanístico e paisagístico da cidade, através de um bom entrosamento arquitetônico, conforme provam os exemplos de Rotterdam e São Francisco, emprestando até mesmo uma característica atraente à cidade.

Zonas urbanas de caráter residencial e comercial não permitem a solução acima descrita, entretanto as estações podem ser combinadas com centros comerciais através de disposição e planejamento adequado.

Quanto às vias subterrâneas, a localização e as fachadas visualmente atraentes e entradas e saídas das estações, são importantes elementos urbanísticos. As entradas e saídas deverão ter situação favorável

quanto às áreas a serem atendidas e também quanto aos centros comerciais, administrativos, etc. nos arredores, devendo ter um efeito atraente sobre o público.

Através de esforços conjuntos e planejamento dos serviços públicos e da população foram criados novos centros comerciais e culturais em volta das estações do metrô de outras cidades, melhorando o panorama urbanístico. Essas possibilidades deverão ser consideradas também em São Paulo, incluindo novos projetos para praças típicas como por exemplo, a área do Largo de São Bento e respectivas vias de acesso, o que proporcionaria novos aspectos à cidade, visando o desenvolvimento futuro.

Os projetos de construção constantes das figuras 31.2 — 31.9 servem como sugestões para essas obras.

### 31.2. Primeira etapa da construção

#### 31.2.1. Linhas

##### 31.2.1.1. Trechos em elevado

#### Localização dos trechos em elevado da primeira etapa de construção

O maior trecho em elevado da linha prioritária começará ao Norte, na estação terminal provisória de Santana; prosseguirá para o Sul, pela Avenida Cruzeiro do Sul e, após ter atravessado o rio Tietê, desviar-se-á, numa leve curva para Sudoeste, em direção ao rio Tamanduateí. Ali, depois de cerca de 3,14 km de via em elevado, mergulhará na Avenida Tiradentes para transformar-se em via subterrânea. (Fig. 31.1). Essa seção oferece a possibilidade de executar a linha do metrô em elevado, já que, além de outras condições técnicas do traçado, as larguras das ruas planejadas são suficientes e, em relação ao aspecto urbanístico, essas construções de vias elevadas, poderão ser perfeitamente incorporadas à paisagem. No traçado desse trecho foi considerada a largura de 55 m para a Avenida Cruzeiro do Sul em todo o seu comprimento, tendo sido prevista a linha do metrô na sua faixa central. Outrossim, foram consideradas as estruturas existentes da ponte sobre o Tietê para a travessia pelo metrô.

Na parte Sul dessa primeira linha, está previsto, por motivos topográficos, mais um trecho em elevado de aproximadamente 0,28 km de comprimento, entre as estações São Judas e Conceição.

#### Considerações gerais sobre os trechos em elevado

Os trechos previstos em elevado serão, com exceção dos pequenos trechos em superfície, os de menor custo e menor prazo de construção. Os custos e tempo de construção desses trechos elevados, serão em cerca de 85% mais reduzidos do que aqueles para a construção de uma linha subterrânea.

As demais vantagens apresentadas pelos trechos em elevado são:

a) O vulto do remanejamento das instalações e canalizações dos serviços de utilidade pública reduzir-se-á bastante em comparação com as que seriam indispensáveis à construção de túneis, resultando em grande economia de custos e de tempo.

b) O trânsito nas ruas somente será interrompido por tempo reduzido e em extensões e trechos limitados pelos trabalhos de construção.

c) Ficam excluídos os riscos de recalque dos edifícios vizinhos, que poderão ocorrer na área dos túneis.

Deve ser salientado aqui, que o esquema moderno dos trechos em elevado não pode ser comparado às antigas construções desse tipo — quase sempre executadas em aço — e essas mesmas estruturas poderão constituir um elemento altamente decorativo no conjunto urbanístico. As vias elevadas recentemente construídas em Rotterdam e São Francisco constituem exemplo sugestivo e conduziram os urbanistas a reconsiderar as suas opiniões algumas vezes contrárias a tais construções. Para os trechos em elevado que cruzam ruas ou interfiram com as mesmas, foi estabelecida uma altura livre mínima de 5 m entre a superfície da rua e a base inferior da construção.

#### Proposta e justificativa do sistema de execução

Entre os possíveis tipos de estrutura — construção de vias elevadas de aço, em estrutura composta de concreto e aço ou de concreto — os estudos conduziram à seguinte proposta:

A estrutura será composta de pilares de concreto moldados no local,

apoiados sobre um bloco de concreto armado situado abaixo da superfície, e com fundações sobre estacas de concreto moldadas no local, do tipo Franki, ou sobre colunas assentadas em tubulões pneumáticos.

Entre esses pilares e nêles apoiados serão colocadas vigas pré-moldadas padronizadas de concreto protendido, de cerca de 25 m de comprimento.

Para redução de peso, essas vigas elevadas pré-fabricadas deverão ser fundidas, no canteiro, em duas metades divididas longitudinalmente, com cerca de 40 t cada uma. Depois de justapostas sobre os pilares, as duas partes são emendadas, por concretagem, formando a caixa, em forma de canal para assentamento da via. As canaletas para os cabos, que servirão simultaneamente como passagens de emergência, e as bordas, também deverão ser executadas com concreto fabricado no local, após a montagem e a junção das partes das vigas.

A execução alternativa dos pilares de suporte com balanços executados com vigas de concreto protendido moldadas no local, em lugar das vigas transversais anteriores, permitirá distâncias entre as colunas dos pilares de apoio até 40 m, caso seja necessário. No caso, o comprimento padrão das vigas elevadas não se modificará.

Nesse processo os trechos em curva serão executados segundo poligonais cujos vértices se apoiam nos pilares.

Para maiores esclarecimentos, indicamos os desenhos de construção. (Figs. 31.2 e 31.3)

A aplicação dos elementos de concreto protendido pré-fabricado acima descritos, tendo-se em vista a possibilidade de uma produção racional em série com utilização repetida das fôrmas e a possibilidade de fabricação em local centralizado, fora do espaço restrito da obra, oferece as seguintes vantagens:

a) Economia de tempo, espaço e custos, dispensando fôrmas de concreto com cimbramento no local.

b) Redução das dimensões do local de obras para determinadas áreas junto às fundações dos pilares.

c) Curta duração da montagem local das vigas suspensas e, com isso, reduzida interrupção do trânsito nas ruas.

Essas interrupções podem ser totalmente evitadas nas áreas



Fig. 31.1  
 Localização da linha Santana-Jabaquara  
 com ramal Paraíso-Moema

críticas, executando-se a montagem à noite, quando cessa o tráfego.

A execução de vias elevadas com estrutura de concreto, dispensa os serviços de manutenção necessários nas construções de aço e é mais econômica do que esta última.

O comprimento dos trechos em relação ao comprimento total da primeira etapa de construção, é suficiente para compensar a instalação de um canteiro de fabricação para os elementos de suporte, bem como a aquisição de equipamento para o transporte e a montagem em ritmo contínuo.

#### 31.2.1.2. Trechos em túnel

##### Localização dos trechos em túnel na primeira etapa de construção

O trecho em túnel inicia na Av. Tiradentes onde a linha em elevado mergulha no subsolo. Dali percorre em túnel todo o traçado até Jabaquara, com exceção do viaduto previsto ao Sul da estação São Judas.

O comprimento desse trecho em túnel é de cerca de 13,4 km. Desse total, cerca de 12,9 km serão construídos pelo sistema "cut and cover", e três trechos somando cerca de 0,80 km serão construídos pelo método couraça ("shield drive").

Esses três trechos serão:

a) Um trecho de cerca de 200 m que terá início na Av. Anhangabaú, terminando na Estação São Bento.

Em virtude do traçado, será necessário fazer passar a linha sob o Mosteiro de São Bento acarretando problemas, sem dúvida, menores do que a passagem do Metrô de Milão sob o Duomo, cujas fundações datam de 1389.

b) Um trecho de cerca de 200 m de comprimento que se inicia junto à estação de baldeação Clóvis Beviláqua e que irá até o Pátio do Colégio. Também aqui o traçado obrigará a passar subterraneamente sob edificações existentes.

c) Mais um trecho de cerca de 100 m de comprimento a partir do lado Sul da Estação Clóvis Beviláqua, que passará por baixo do Palácio da Justiça na Praça Clóvis Beviláqua.

Dependendo de estudos que serão feitos durante o projeto detalhado, há possibilidade de que o trecho São Bento-Pátio do Colégio (R. Boa Vista) seja construído pelo método de couraça, embora a previsão básica

seja de construir em "cut and cover".

O ramal para Moema, devendo ter seu início de construção na estação de baldeação do Paraíso, deverá, em razão da profundidade, ter cerca de 400 m executados igualmente pelo método da couraça. Após um trecho de transição esse ramal continuará em construção elevada.

##### Observações referentes aos trechos em túnel da primeira etapa

O traçado Norte-Sul atravessará a área central da cidade, em sua maior extensão em túnel, visando a evitar o congestionamento do tráfego superficial.

Isso torna possível a sua inclusão na rede viária da zona de São Bento até Clóvis Beviláqua, que é de grande importância para o tráfego, e que, de outra forma, seria inacessível devido ao traçado das ruas e às diferenças de níveis topográficos no centro.

Isso é de grande importância, pois, as ruas, no centro da cidade já se encontram altamente congestionadas, nas horas do "rush", em virtude do enorme fluxo de veículos individuais e da grande quantidade de pessoas que se dirigem para os centros comerciais, bancários e industriais ou daí se afastam.

Também nas outras horas do dia, entre as horas de pico, existe um grande movimento de pedestres, bem como um volumoso tráfego de entregas comerciais, com a consequente falta de espaço para estacionamento.

Na Rua Domingos de Morais e na Avenida Jabaquara dispensou-se a construção em elevado o que obrigaria a instalação de longas rampas, evitando estrangulamentos da seção transversal das ruas que ocasionaria congestionamento do trânsito.

Na medida em que o traçado da linha o permitia, tentou-se manter a menor profundidade possível, principalmente no local das estações.

Do ponto de vista econômico este fator é de grande importância para as estações do centro, pois, estas devem ser construídas à céu aberto, de acordo com as condições apresentadas pelo subsolo. Além disso, a fim de tornar o metrô atraente para o usuário, é de grande importância que as plataformas possam ser alcançadas facilmente, sem necessidade de se atravessar a pista da rua.

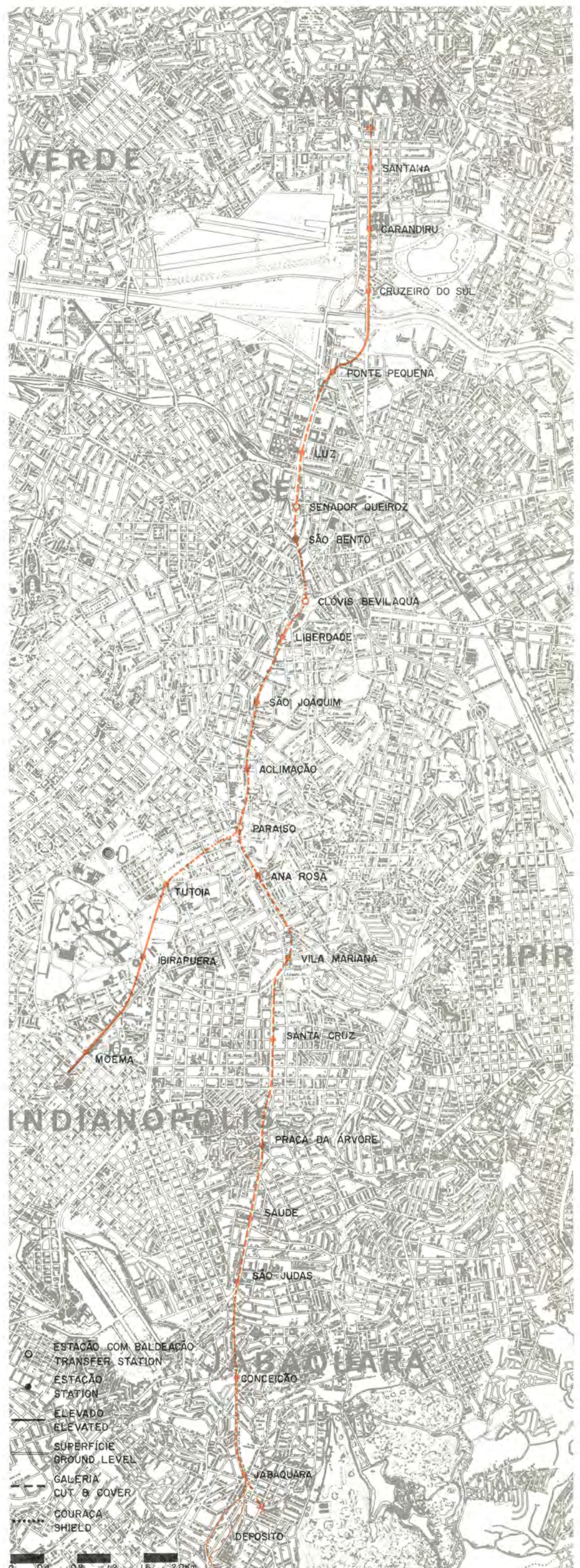
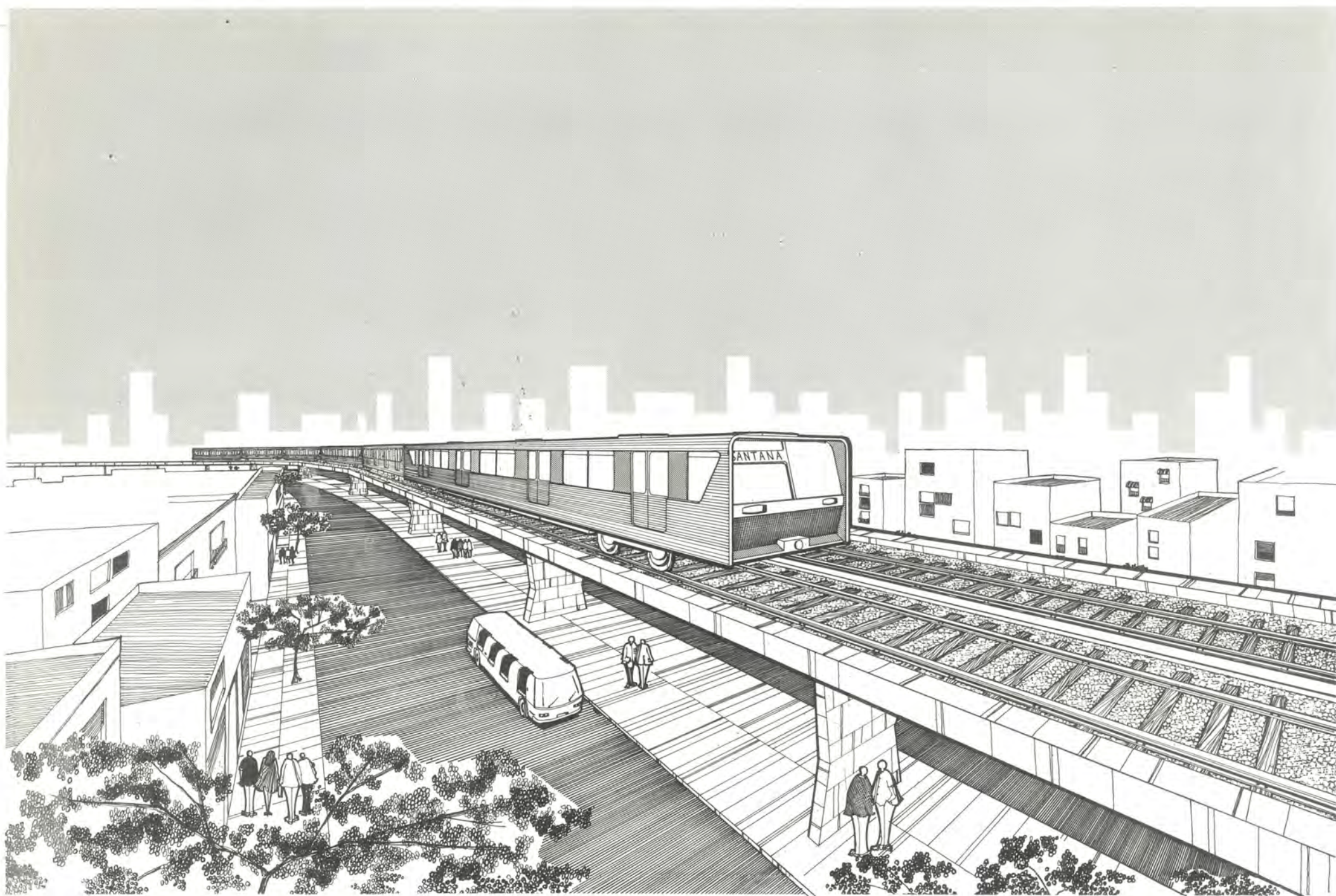




Fig. 31.2  
Perspectiva da linha elevada, vista de cima



31.2

No traçado dos trechos em túnel e no projeto das respectivas construções, foram considerados, entre outros, os seguintes projetos:

- Passagem inferior da Avenida Prestes Maia, entre a Rua Senador Queiroz e a Rua dos Bandeirantes.
- Novo planejamento de ruas na área do Paraíso, com alargamento da Rua Vergueiro.
- A conexão planejada da Rua Vergueiro com a Rua Domingos de Moraes, que mais adiante dá saída para a Avenida Jabaquara.

#### 31.2.2. As estações da primeira etapa de construção

A tarefa primordial das estações, elementos de ligação entre a rua e os trens do metrô, é a de criar uma rápida e agradável passagem entre estas duas áreas de tráfego. Essas instalações devem ser, futuramente, o ponto inicial e final das viagens diárias via metrô, de milhares de paulistanos. Desta forma, compreende-se, que do ponto de vista arquitetônico seja tão importante a satisfação dos problemas funcionais, quanto à solução do problema visual quer na plástica, quer na adequação psicológica dos ambientes.

Além do atrativo que representa o transporte rápido e de conforto oferecido pelos trens, também a atração visual que pode decorrer da solução dada a estes problemas foi objeto de estudo cuidadoso.

Para atingir esse propósito, os respectivos projetos já foram, desde o início, elaborados, com a

colaboração estreita entre engenheiros e arquitetos. Enquanto os primeiros elaboravam os dados básicos para as exigências funcionais e técnicas, o projeto arquitetônico das estações e suas instalações ficou a cargo dos arquitetos.

Pelos motivos anteriormente citados, também foi procurada uma solução plástica adequada à delicadeza do problema que é a implantação de estações elevadas em paisagens nas quais elas se constituirão em um dos elementos dominantes, sem por isso prejudicá-las física ou visualmente.

Nas estações subterrâneas o plano dos andares intermediários foi, sempre que possível, enriquecido com vitrinas, bancas e lojas, ou então por galerias de lojas. Além disso, foram projetadas, juntamente com os acessos à estação, passagens em desnível para os pedestres nas ruas.

Essas instalações foram planejadas principalmente para as estações nos entroncamentos do centro urbano, como as Estações São Bento e Clóvis Bevilacqua.

Ainda foi dado grande valor à facilidade das baldeações nos pontos de conexão entre estações metroviárias e estações de outros meios de transporte, o que se reflete particularmente nas Estações da Luz e Cruzeiro do Sul. Outrossim, nos projetos foram apresentadas diversas soluções não convencionais e de grande interesse, as quais não somente emprestarão ao Metrô de São Paulo um cunho original como o colocarão — do ponto de vista arquitetônico — entre as melhores instalações do gênero.

#### 31.2.2.1. Tipos de estações da primeira etapa de construção e características básicas de seu projeto

##### Tipos de estações

Dentro da área do trecho de cerca de 21 km de comprimento, previsto para a primeira etapa de construção, está planejado um total de 23 estações das quais 20 na Linha Santana-Jabaquara e no ramal Paraíso-Moema. Dessas 23 estações, uma se situará na superfície, 6 em elevado e 16 em nível subterrâneo. Com poucas exceções, tanto as estações em elevado como as subterrâneas terão plataformas laterais, sendo que, as grandes estações de baldeação, Luz, Clóvis Bevilacqua, Paraíso e Ana Rosa, todas subterrâneas, terão também plataformas centrais.

A Estação Ana Rosa, que depois da futura construção da linha para a Vila Madalena, funcionará, para esta, como estação terminal, tem, por motivos operacionais, para cada das duas Linhas, isto é, Santana-Jabaquara e Paulista, plataformas centrais separadas.

##### Dados básicos para o projeto

O princípio básico para a disposição das estações é que o fluxo de passageiros seja conduzido de forma simples e diretamente da rua para o trem e vice-versa. Esse princípio foi considerado no projeto das estações, para distribuição e disposição de todas as suas áreas. Além disso, foram previstos dispositivos auxiliares visuais de sinalização para guiar o fluxo de passageiros rapidamente e sem dificuldades de orientação. Considerando-se esses princípios, a

coordenação básica dos espaços para quase todas as estações é a seguinte:

De um determinado número de cessos da rua, que varia conforme a importância e a localização da estação, os passageiros serão conduzidos por escadas, e galerias para a área das bilheteria. Esta contém os guichês e os bloqueios de entrada. A área das bilheteria, tanto nas estações elevadas como nas subterrâneas geralmente funciona como elemento de ligação das galerias elevadas com as subterrâneas para os pedestres. Para as grandes estações centrais estão previstas áreas amplas, em parte ligadas a passagens para pedestres e galerias com lojas. A partir dessas áreas há escadarias que levam à plataforma e aos trens.

##### Plataformas

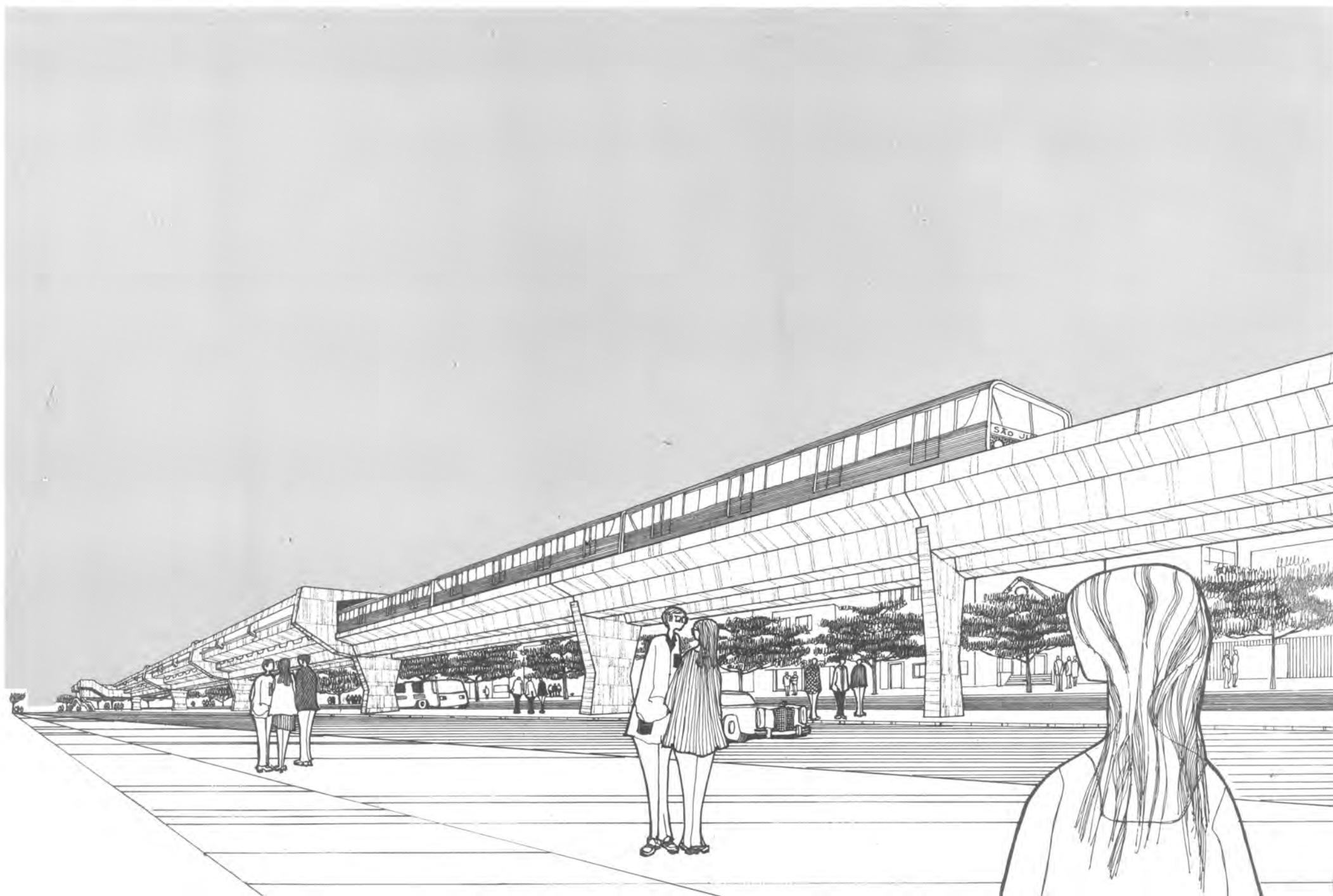
Da mesma forma como o veículo determina, em relação ao menor raio, a seção transversal do túnel, o comprimento do veículo e o da composição dos trens representa a medida básica para o comprimento das plataformas nas estações.

Com base no comprimento da composição prevista para o Metrô de São Paulo, de 130,50 m, fica estabelecido o comprimento mínimo das plataformas, de 136 m considerando a tolerância de frenagem de destino.

As plataformas foram previstas, normalmente, aplicando-se as considerações básicas constantes do capítulo 14.3.3.4. As escadas que dão acesso às plataformas laterais estarão dispostas na parte mais larga da construção, de forma a não reduzir a largura das plataformas. Na medida



Fig. 31.3  
Perspectiva da linha elevada, vista de baixo



31.3

em que forem planejadas lojas ou salas para fins operacionais no nível da plataforma, as mesmas deverão ser também dispostas de maneira a não afetar a largura das plataformas. Nas estações previstas para receber mais de 40.000 passageiros por hora, haverá plataformas separadas para embarque e desembarque.

#### Áreas e galerias de acesso

No projeto das estações elevadas foi mantido o princípio de que os passageiros poderão dirigir-se às plataformas através de uma galeria elevada. A galeria que está prevista como construção fechada, possuirá uma largura padrão de cerca de 8,00 m, exercendo simultaneamente a função de área de circulação. Os bloqueios serão instalados antes da escada de acesso às plataformas.

Pela ampla largura a ser mantida por igual em toda a extensão, essa galeria oferecerá uma rápida e livre movimentação dos passageiros. Foram evitadas instalações salientes, com exceção das bilheterias dispostas junto aos bloqueios. Lojas adicionais e salas operacionais foram previstas fora da galeria, como por exemplo, nos recessos das escadarias.

Para as estações subterrâneas comuns, de menor importância, situadas geralmente fora do centro, foi proposto um tipo padrão, adaptado, porém, a cada caso particular.

As galerias de entrada e saída serão incorporadas à construção, aproveitando-se a altura disponível das estações, transformada em ponte interna central (mezzanino) ao longo da estação. Esta localização permitirá que se faça um tratamento

acústico na parte inferior desta ponte, diminuindo assim, o barulho da chegada e partida dos trens nas estações.

A cerca de 1/3 de uma das extremidades dessa ponte, está previsto um grande patamar de distribuição transversal à ponte e no seu próprio nível, de onde sairão as escadas de acesso às plataformas. Os guichês estarão localizados nessa plataforma de distribuição. Pela disposição descentralizada dos acessos poderá ser conseguida — com adequada variação de estação para estação — uma distribuição por igual dos passageiros ao longo da plataforma.

As galerias de acesso e áreas de circulação das estações subterrâneas situadas no centro foram planejadas com diversas dimensões, conforme a demanda prevista, e segundo as condições locais. Exemplos desse tipo são as Estações da Luz, de São Bento, Clóvis Bevilacqua e Paraíso, que são tratadas em outra parte desse capítulo.

#### Entradas, saídas e escadas

A localização e disposição das entradas e saídas que começarão ou terminarão todas ao nível da rua e que conduzirão, através de escadas e galerias de conexão, para o nível da área de circulação, foram, no projeto, adaptadas em cada estação às condições e necessidades locais.

Em muitos casos foi necessário, devido à reduzida largura dos passeios nas ruas, dispor as entradas e saídas na parte lateral das construções e, em alguns casos, a disposição adequada da entrada requererá demolição de construções existentes. Juntamente com a

disposição das entradas e saídas e das suas galerias de acesso, normalmente foi considerada, também, a possibilidade de atravessar a rua em desnível. Nos entroncamentos e cruzamentos de ruas foi prevista a possibilidade de — através de uma correspondente distribuição das entradas e saídas da estação subterrânea — atravessar a rua por passagens subterrâneas.

As entradas e saídas deverão ser providas de grades para impedir a entrada de estranhos nas instalações, nas horas em que estas não estiverem funcionando.

As escadas de ligação entre o nível da rua e nível do saguão intermediário da estação, foram previstas como fixas, enquanto que, para maior conforto, foram previstas escadas rolantes entre o nível da área de distribuição e as plataformas.

A quantidade e largura dessas escadas nos pré-projetos, estão baseadas nas cifras de tráfego estimadas para 1987.

Foi visada a disposição mais favorável das entradas, saídas e escadas para um rápido movimento de passageiros.

#### Lojas, dispositivos publicitários, demais instalações operacionais suplementares

No plano para execução das estações, recomenda-se estudar as possibilidades de espaço para a instalação de pequenas lojas, para a venda de mercadorias de grande procura. Nas estações do tipo padrão haverá somente poucas lojas nas quais serão vendidos jornais, revistas, artigos para fumantes, doces, etc.

#### Instalações contra incêndio

Nas estações elevadas, estas lojas ficarão dispostas nos recuos dos lances das escadas, de tal forma que não estorvem o fluxo do tráfego. Nas grandes estações localizadas nos entroncamentos de tráfego, foram previstas, — aproveitando-se o espaço disponível — galerias com lojas para a venda de mercadorias de todos os tipos, de primeira necessidade, e inclusive de prestação de serviços.

Essas lojas, que serão exploradas mediante concessão ou locação, representarão para a Companhia do Metrô, uma boa fonte de renda; além dessas, ainda existe a possibilidade de alugar espaços para anúncios publicitários. Para tanto, poderão ser utilizadas as paredes do túnel e das galerias de acesso.

Tanto para os passageiros, como para o próprio serviço serão ainda necessárias várias instalações suplementares, que deverão ser planejadas separadamente para cada estação, conforme as respectivas condições.

Tais instalações são:

Vestiários e salas de permanência para o pessoal da estação, instalações sanitárias, telefones públicos, salas para o maquinário de ventilação, bem como salas para os equipamentos elétricos e maquinários para a operação.

Das instalações citadas, as dos telefones e sanitários deverão ser de fácil acesso, ao nível da área de distribuição, podendo ser utilizadas também por outros que não os passageiros.



Deverão ser previstas instalações ou equipamentos contra incêndio nos trens, nas estações e nas saídas de emergência das escadas.

Cada veículo será provido de um extintor de incêndio a seco; esses extintores serão colocados de forma bem visível e acessível.

Nas estações está prevista a ligação do equipamento contra incêndio ao sistema de canalização de água, tanto nas áreas de distribuição como nas galerias de lojas; além dessas ligações, haverá carretéis fixos com mangueiras. Nas plataformas serão instalados em todo o comprimento no mínimo 3 hidrantes, com mangueiras de comprimento suficiente.

Além disso, as salas de serviço no nível da área de distribuição, bem como as salas operacionais com equipamentos elétricos e mecânicos receberão extintores a seco. Instalações de combate a incêndio ligadas ao sistema de canalização de água, e respectivo equipamento de mangueiras serão previstos nos trechos de linha entre as estações e nas saídas de emergência, as quais serão também providas de extintores.

As instalações e os equipamentos deverão ser padronizados ao máximo possível e deverão ser submetidos a inspeções regulares. O local dessas instalações deverá ser marcado de forma bem visível.

### 31.2.3. Estações especiais do primeiro estágio das obras

**Estação da Luz:** A primeira estação subterrânea no trecho Norte da linha da primeira etapa foi projetada como ponto de conexão com a estação ferroviária "da Luz" da Estrada de Ferro Santos a Jundiaí.

O projeto desta estação satisfaz às mais diversas características que tiverem que ser consideradas quando de sua concepção: necessidade da previsão de grandes áreas de circulação em vista do elevado intercâmbio de passageiros entre o metrô e a ferrovia; conveniência da disposição de uma terceira via operacional dentro da estação; possibilidade muito restrita de aumento futuro das instalações resultantes da situação da estação e, finalmente, existência de um projeto de construção de uma pista subterrânea para automóveis. A fim de evitar a circulação de passageiros em sentido contrário nos corredores relativamente estreitos, devido ao pequeno espaço disponível, será adotado o seguinte esquema: as plataformas laterais servirão para desembarque, enquanto o embarque se processará exclusivamente pela plataforma central.

As escadas serão dispostas lateralmente e entre os túneis, atingindo um enorme saguão que se estende sobre toda a área da estação.

A disposição conveniente das áreas de circulação possibilitará livre movimento de passageiros e uma baldeação entre o metrô e a ferrovia, ou vice-versa. A ausência de bilheterias e borboletas para os passageiros baldeados do metrô para os trens de subúrbio, e vice-versa, em consequência do sistema de transportes integrado sugerido, evitará um eventual estrangulamento do fluxo de passageiros transferindo-se de um sistema de trânsito rápido para o outro.

Uma boa harmonia entre o fator econômico e o efeito arquitetônico, sob o ponto de vista estrutural foi obtido através do aproveitamento dos elementos estruturais como colunas e vigas, na concepção do saguão principal.

**Estação São Bento:** Esta estação situada sob o Largo São Bento deverá apresentar um grande movimento de passageiros devido à sua localização central. Por outro lado, em vista de sua situação em lugar privilegiado, prestar-se-á muito bem para a realização de uma obra compatível com o desenvolvimento arquitetônico da cidade.

Em vista do acima exposto, sugere-se ainda a construção, sobre essa estação, de um edifício para a administração da companhia exploradora dos serviços de metrô, dando assim, à praça, que será completamente reformada, mais um atrativo urbanístico. Neste conjunto serão alojadas, além disso, as instalações centrais de controle e comando operacional de tráfego (sistema de sinalização). Por outro lado, deve-se destacar a solução apresentada para a circulação de pedestres entre a praça e a Av. Prestes Maia, que se encontra num nível a cerca de 15 m abaixo da praça.

O conjunto da estação terá cinco pisos, dos quais o primeiro se encontrará aproximadamente 5 m mais baixo do que o nível da Av. Prestes Maia. Neste primeiro piso serão dispostas as plataformas e algumas dependências operacionais.

O segundo piso — aproximadamente na altura da Av. Prestes Maia — apresentará um saguão espaçoso ligado às plataformas por diversas escadas rolantes e do tipo comum. A circulação entre o citado saguão e a Av. Prestes Maia processar-se-á diretamente através de uma galeria comercial.

Aí também estão previstas entradas para a administração e grandes áreas de dependências operacionais. O ajardinamento no saguão constituirá um atrativo especial. Acima do citado ajardinamento outros pisos serão providos de vãos abertos, pelos quais a luz do dia deverá produzir diversos efeitos de luz sobre os pisos intermediários.

Do segundo piso aos pisos seguintes o acesso será feito por escadas comuns e rolantes, sendo que uma das escadas fixas se destinará a proporcionar uma ligação direta à Rua 25 de Março, enquanto as escadas rolantes completarão a ligação com a Rua Boa Vista.

O quarto piso será destinado exclusivamente aos passageiros do metrô e pedestres em geral. Em vista de sua projeção parcial por sobre a Av. Prestes Maia oferecerá consideravelmente áreas de circulação e grande espaço para a instalação de estabelecimentos comerciais, como lojas, restaurantes, etc.

No quinto e último piso serão dispostos os acessos ao Largo São Bento. As espaçosas áreas de circulação serão aí circundadas por jardineiras e canteiros.

Outrossim, haverá, a partir deste piso, também uma comunicação direta com o viaduto Santa Efigênia, que atravessa o Vale do Anhangabaú.

Não resta dúvida, pois, que as instalações desta estação, em

conjunto com as dependências administrativas e operacionais, destacar-se-ão mais visivelmente dentro do conjunto urbanístico da Capital.

### Estação Clóvis Beviláqua

A configuração da Estação Clóvis Beviláqua foi estudada antes de se tomar uma decisão final a favor de determinada alternativa de rede. No estudo deveria ser esclarecida em linhas gerais, a possibilidade de se achar uma solução satisfatória, tanto construtiva como arquitetonicamente, para uma estação, na qual se cruzam duas linhas de metrô, e que ainda é atingida tangencialmente por uma terceira.

Em relação à configuração deveria ser exigido além disso, que a concepção total da estação pudesse servir, com alterações insignificantes, como solução transitória para a linha prioritária, bem como para uma estação de cruzamento antes da eventual construção da terceira linha.

O maior problema na configuração desta estação e da disposição de suas áreas de circulação, foi a orientação simples e sem cruzamentos do considerável fluxo de passageiros em direção a seus diferentes destinos ou seja, embarque, desembarque e baldeação de uma para outra linha.

A solução deste problema ainda foi dificultada pela coincidência de nível, na qual se encontrariam as plataformas da segunda e da terceira linha, de forma que foi necessário prever caminhos mais extensos para melhor conduzir os passageiros. Em vista do grande movimento de passageiros foi feita a separação entre as plataformas de desembarque (plataformas laterais) e as plataformas de embarque (plataformas centrais).

O projeto da estação foi idealizado em princípio de tal maneira, que as instalações para a linha prioritária podem ser construídas e usadas independentemente das duas outras linhas. As instalações posteriores estão projetadas de tal modo, que os diversos pisos da estação estarão ligados entre si de uma forma que permita a visualização livre e direta de qualquer parte do conjunto, mesmo até o nível da Praça Clóvis Beviláqua.

Entre os pisos da estação e a praça propriamente dita, foram criadas passagens subterrâneas em grande número, que facilitarão a pedestres a travessia da praça em todas as direções.

As áreas suplementares disponíveis nas galerias do piso superior se destinarão à instalação de estabelecimentos comerciais, como lojas etc.

### 31.2.4 Demais instalações

Para o funcionamento do metrô, serão necessárias numerosas instalações complementares, além das linhas e estações.

#### 31.2.4.1 Oficinas de reparo — Jabaquara

Na área da oficina de reparos de Jabaquara, estarão centralizadas todas as atividades referentes à manutenção e conservação do material rodante. Além disso, lá também se localizarão as oficinas de manutenção das instalações

estacionárias, os alojamentos para os ferroviários lotados naquele setor, os escritórios técnicos e administrativos correspondentes, as instalações sociais, bem como as instalações elétricas necessárias. As figuras 31.84 a 31.90 demonstram o conjunto das instalações.

### Pavilhão de reparos

O pavilhão de oficinas destinado a reparos de vulto em automotrices, poderá ser construído em duas naveas com colunas de aço ou concreto e telhado tipo "shed" (dente de serra) de elementos pré-fabricados de concreto armado. Consoles de aço ou de concreto servirão como vigas-suporte para as pontes rolantes. A altura livre entre a aresta inferior das tesouras e o boleto dos trilhos estará entre 8,50 e 9,00 m, dependendo do tipo da ponte rolante. O piso de concreto deverá ser endurecido com preparado especial e apresentar caimento em direção aos fossos de limpeza. A fim de evitar danificações no piso junto aos trilhos, bem como de facilitar a colocação dos mesmos, deverá ser instalada uma proteção em forma de pranchas de madeira de lei ou então uma camada de macadame. Base e paredes dos fossos de limpeza bem como eventuais valas para cabos ou encanamentos serão executadas em concreto. As paredes poderão ser feitas em alvenaria. Na parte superior das paredes será prevista uma faixa não envidraçada para ventilação. As janelas de aço terão, de acordo com as necessidades, vidro claro ou vidro fôsko, e as portas serão do tipo ondulado de enrolar. Os telhados — tipo "shed" — em parte poderão ser envidraçados, em parte cobertos com telhas de cimento-amianto, devendo ainda ser instalados nos mesmos, exaustores para a ventilação.

### Pavilhão de manutenção rotineira de carros

Este pavilhão também poderá ser construído no tipo de duas naveas com colunas de aço ou concreto e telhado tipo "shed". Terá, porém, altura livre de apenas 5,50 m acima do boleto de trilhos, pois, aqui não haverá necessidade de pontes rolantes. O piso de concreto estará cerca de 20 cm mais baixo que o boleto de trilhos, também desaguando em direção aos fossos de limpeza. Telhados, paredes e janelas serão idênticos às do pavilhão de reparos. No lado Leste do prédio um telhado de meia-água (alpendre), coberto com telhas de cimento-amianto e equipado com chuveiros, servirá para molhar os carros antes da lavagem externa.

Entre os dois pavilhões deverá ser construído um edifício estreito de estrutura de concreto-armado, de três andares — contendo no porão um depósito de óleo, oficinas no andar térreo e vestiários no pavimento superior. O porão e o andar térreo terão o piso comum de concreto, sendo as paredes rebocadas. O piso do pavimento superior deverá ser de ladrilhos e as paredes pintadas a óleo. Lavatórios e instalações sanitárias terão paredes revestidas com azulejos. Os degraus das escadas serão de concreto com cantoneiras de proteção ou com ebonite ranhurado, as portas e janelas serão de aço. O telhado plano será isolado termicamente com material adequado recoberto de papelão alcatroado.

Na extremidade Norte desta construção intermediária, ergue-se a torre com a cabine de comando para



manobras, com dois andares. Além do isolamento térmico do telhado será prevista uma marquise nos lados Norte, Leste e Oeste, para proteger estas paredes contra a incidência direta do sol. Os recintos situados na frente Norte, que durante o dia todo estarão ocupados, serão equipados com instalação de ar condicionado.

#### Edifício para os serviços gerais

O prédio de sete andares destinado aos serviços gerais será construído pelo método da montagem com elementos pré-fabricados de concreto armado.

Nos dois andares inferiores ficarão as oficinas, o almoxarifado e as salas de aula. Refeitório e salão de estar com terraço ficarão no terceiro andar, enquanto que as instalações de cozinha e anexo serão localizadas no primeiro andar.

As oficinas e o almoxarifado terão piso de cimento e paredes rebocadas e com pintura a óleo. As salas de instrução, o refeitório e outras dependências terão piso de cerâmica. As paredes serão pintadas a óleo até uma altura de 2,00 m, com exceção da cozinha, lavatórios e instalações sanitárias, que terão suas paredes recobertas de azulejos até a mesma altura.

O 4.º e 5.º andar conterão os escritórios de administração, ao passo que o 6.º abrigará uma oficina-escola e o 7.º os alojamentos de pernoite. As dependências administrativas e alojamentos terão piso de madeira, ao passo que para a oficina-escola um piso de cimento é suficiente. Cabines de banho e sanitários terão piso e paredes revestidos de cerâmica. Escadarias e elevadores serão localizados em uma torre especial ao lado do edifício. As janelas e as portas serão feitas de aço. Somente os escritórios administrativos e os alojamentos de pernoite terão portas de madeira.

#### Galpão para veículos especiais e para o tórno de sub-solo

Essa construção de cerca de 50 x 20 m, será executada nos moldes da oficina de conserto, isto é, nos alicerces serão fixados os pilares de concreto armado que sustentarão o telhado em dente de serra (sheds). A vala de serviço para o tórno de rodeiros bem como o pavimento serão de concreto. As paredes serão de alvenaria e terão, na parte superior aberturas de aeração não envidraçadas.

As paredes serão rematadas externamente e rebocadas por dentro.

As paredes das extremidades não serão fechadas, nem haverá grades.

#### Torre de caixa d'água

Sobre uma estrutura de concreto estará um depósito de cimento armado com capacidade para 80 m³. O acesso será feito através de escadas de ferro com grade de proteção contra quedas.

#### Instalação para limpeza de vagões

Para a limpeza exterior dos vagões será construído um pequeno prédio em alvenaria, com aproximadamente 50m². Conterá o controle da instalação de lavagem a escovas, cabine das bombas, um depósito para produtos químicos, bem como os vestiários e os lavatórios. Em geral pisos de concreto e paredes rebocadas serão suficientes. Os lavatórios serão revestidos de azulejos e os pisos de ladrilhos, devendo as portas e janelas ser de aço. O telhado terá proteção térmica especial. As abas do telhado deverão ser prolongadas o bastante, para proteger as paredes dos raios diretos do sol.

Para a limpeza interna dos vagões serão montadas diversas plataformas na altura do piso dos vagões, ao longo dos trilhos. As mesmas serão de concreto com superfície áspera, anti-derrapante. Os encanamentos para a alimentação do equipamento da limpeza estarão embutidos na estrutura das plataformas.

#### 31.2.4.2. Subestações intermediárias

As subestações intermediárias terão uma área de cerca de 600 m², cada uma, e serão instaladas ao ar livre. Serão mínimas as providências a serem tomadas para sua construção: algumas fundações de concreto, coletores de óleo embaixo dos transformadores, um tanque central subterrâneo para óleo. Ainda deverá ser construído um prédio para a instalação de um pequeno escritório, vestiário e lavatório e uma sala para aparelhos elétricos auxiliares. O acabamento destes recintos será normal, com portas e janelas de aço. O telhado terá isolamento térmico. De acordo com as condições locais haverá uma cerca de arame ou um muro de tijolos em volta da subestação.

#### 31.2.4.3. Edifícios e recintos para instalações elétricas do metrô

Pelo menos em cada segunda estação haverá uma subestação

retificadora, porém, em todas as estações serão necessárias dependências para a distribuição de energia. Na Estação São Bento, será instalado o comando de distribuição para toda a rede elétrica.

#### Subestações retificadoras

A área das subestações será de mais ou menos 325 m² e os recintos terão 7,00 m de altura. Como a largura mais prática é de 13,00 m, haverá dificuldades na instalação subterrânea das mesmas. Por isso, sua instalação está prevista na superfície, bem próxima às respectivas estações. Com a largura livre de 13,00 m, mais o espaço para uma entrada lateral, teremos 18 a 20 m como largura do terreno.

Os transformadores serão trazidos em caminhões, de forma que o piso da cabine do transformador deverá ter a mesma altura do piso da plataforma de carga do caminhão. O prédio em si, será construído em estrutura de concreto armado, com paredes em alvenaria, pisos de concreto e paredes rebocadas dos dois lados. O coletor de óleo debaixo do transformador será revestido com uma camada de cimento liso. O tanque central de óleo será de concreto e instalado na parte exterior do edifício. As salas de baterias terão um piso asfáltico e as paredes um revestimento a prova de ácidos. Janelas e portas serão de aço. O lavatório terá piso de ladrilhos, e as paredes um revestimento de azulejos até a altura de 2,00 m.

#### Cabines para o suprimento de energia

De acordo com a importância da estação, serão necessárias cabines para entrada e distribuição de energia de alta e baixa tensão, com áreas variando de 47 a 70 m². Convém instalar estas cabines nas extremidades das plataformas das estações para que os transformadores possam ser levados diretamente da plataforma do vagão do metrô para a cabine. Nestas cabines, os pisos serão de concreto, as paredes rebocadas e as portas e janelas de aço.

#### Comando elétrico central

O comando da distribuição elétrica na Estação São Bento será instalado no prédio da administração do metrô, ali construído. A sala será de 14,00 x 18,00 m com piso de placas de PVC e paredes rebocadas. A parede ao longo da seção de chefia de serviço será de caixilhos de alumínio envidraçados. As portas e janelas serão de aço.

Abaixo ficará a sala dos relés. Aqui será suficiente um piso de concreto, paredes rebocadas e portas e janelas de aço.

#### 31.2.4.4. Salas para as instalações de sinalização e controle de tráfego e seu suprimento de energia

Em todas as estações haverá necessidade de salas especiais para as instalações de sinalização e controle, telecomunicações e para o suprimento de energia às mesmas com as respectivas baterias. Na medida do possível, todas estas salas deverão ser reunidas num só conjunto no mesmo pavimento das plataformas das estações. Havendo falta de espaço, poderão ser instaladas na área do pavimento intermediário.

Os pisos das salas de baterias e as paredes, até uma altura de 2,00 m terão um revestimento à prova de ácidos. A ventilação deverá ser abundante. Para se obter um bom isolamento elétrico, as salas de aparelhos e de suprimento terão pisos de PVC e as paredes serão revestidas, até a altura de 2,50 m, com o mesmo material. Nas salas de comunicações, um piso à prova de desgaste será suficiente, bem como uma pintura a óleo lavável nas paredes. Por motivos de segurança contra contato, o material para as portas e janelas deverá ser de material isolante e na sala de baterias, terão uma pintura especial à prova de ácidos.

Nas estações com desvios, haverá necessidade de uma cabine especial para o seu comando. Nesta cabine dever-se-á ter uma boa visibilidade sobre as plataformas. O piso aqui será à prova de desgaste, pintura lavável nas paredes com portas e janelas de aço.

A chefia de serviço está instalada na zona da Estação São Bento, ocupando com as salas auxiliares uma área de cerca de 1.200 m². O piso destas salas será à prova de desgaste, as paredes serão pintadas com tinta lavável, e as portas e janelas de aço. As salas de baterias terão uma proteção adequada contra ácidos.

#### 31.2.4.5. Prédio da administração — São Bento

O prédio da administração do metrô será construído em conexão com a Estação São Bento. Além do acesso pelo Largo São Bento, o prédio terá outro pelo Anhangabaú, através dos andares inferiores, onde se encontrará o comando elétrico central e a Chefia do Tráfego.

Para a administração do metrô será necessária uma área útil de 2.000 a 2.500 m². Para aproveitar-se a ótima localização, é recomendável a construção de um arranha-céu. Os quatro andares inferiores deste, ligados diretamente com os locais de operação do metrô, servirão à administração do metrô, enquanto os demais andares superiores poderão ser alugados ou vendidos.

O edifício deverá ser construído com estrutura de aço e concreto e devidamente equipado como edifício moderno para escritórios.



Fig. 31.4  
Estação Santana. Perspectivas

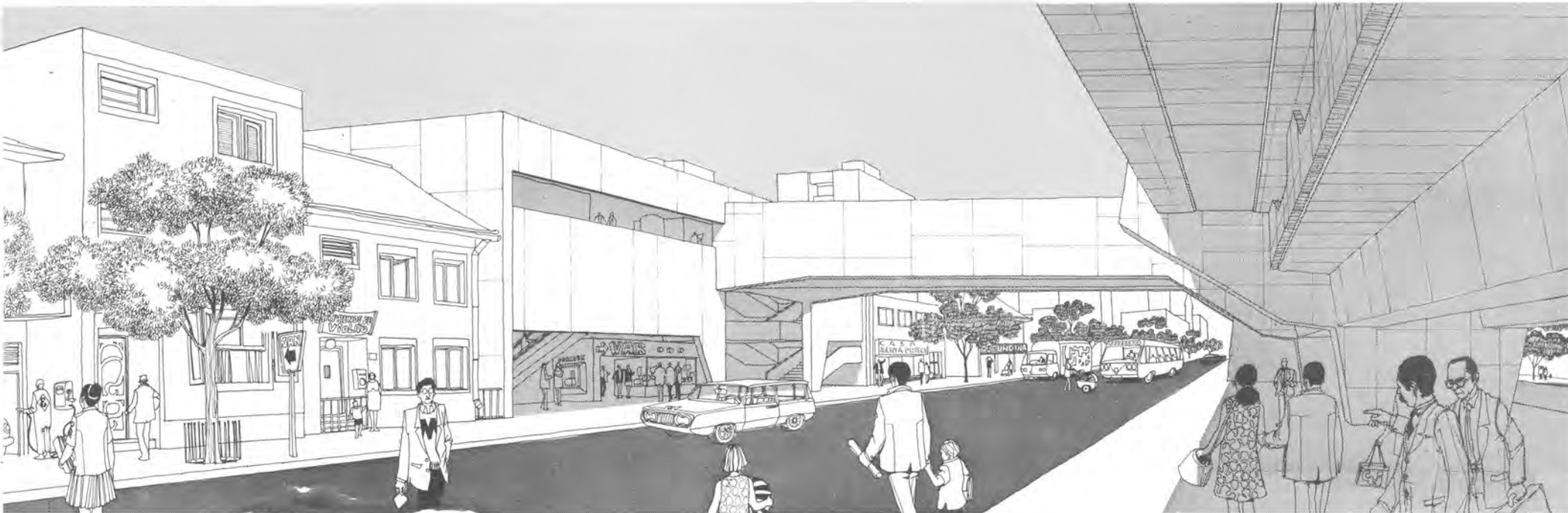
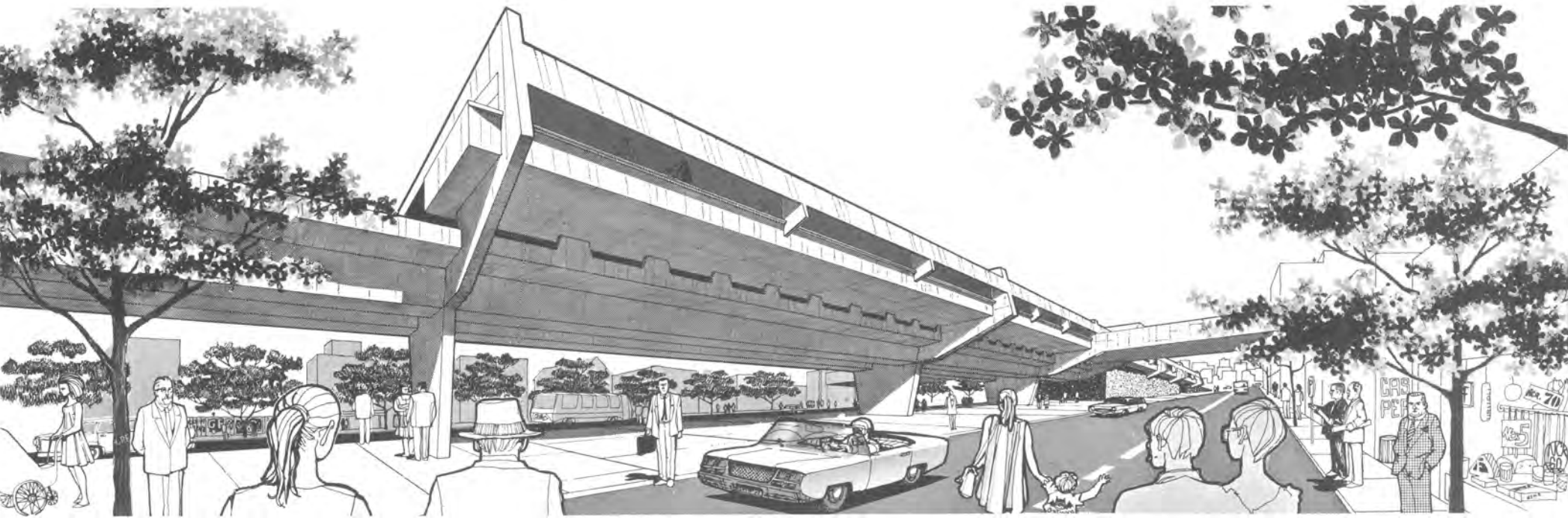
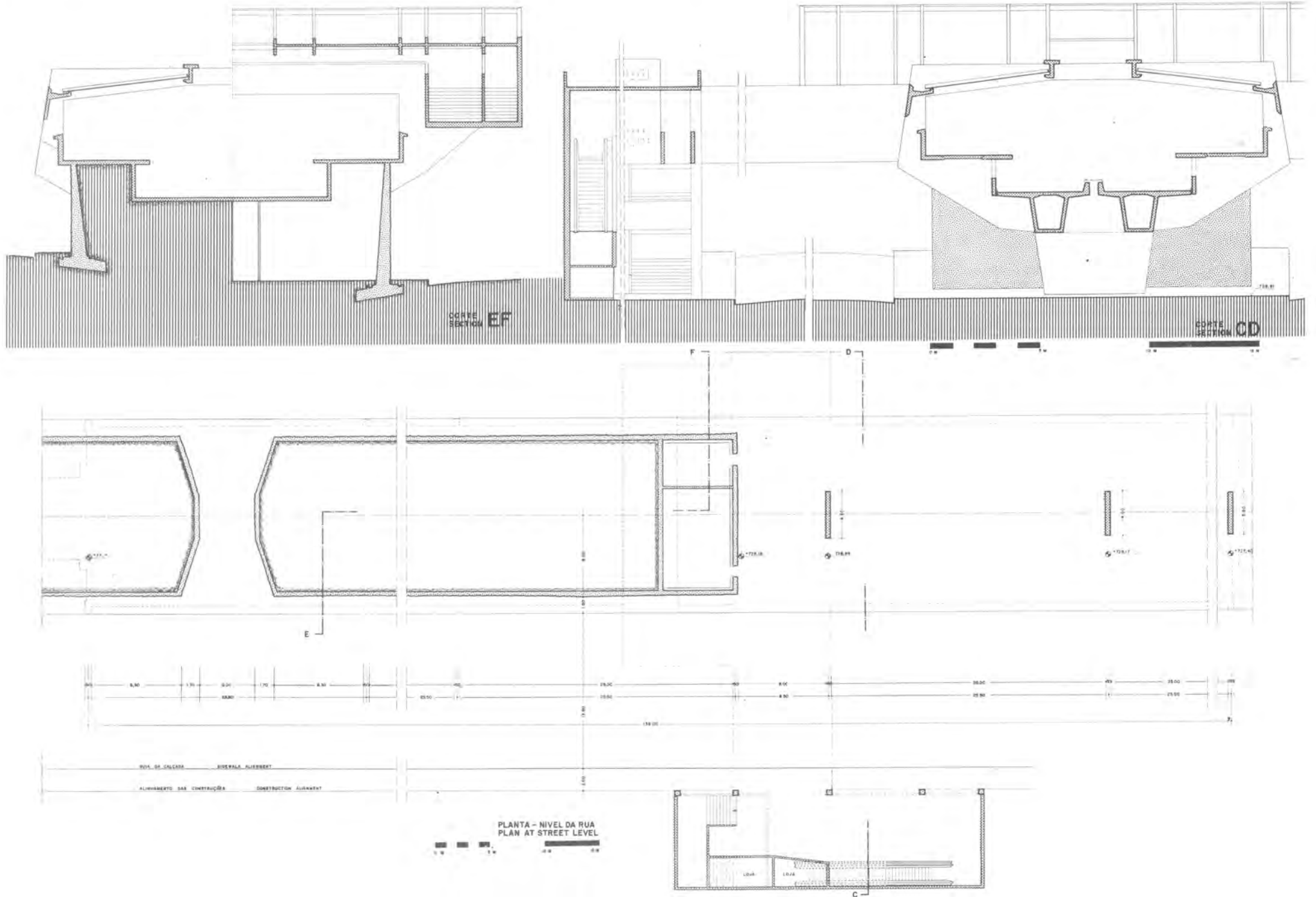
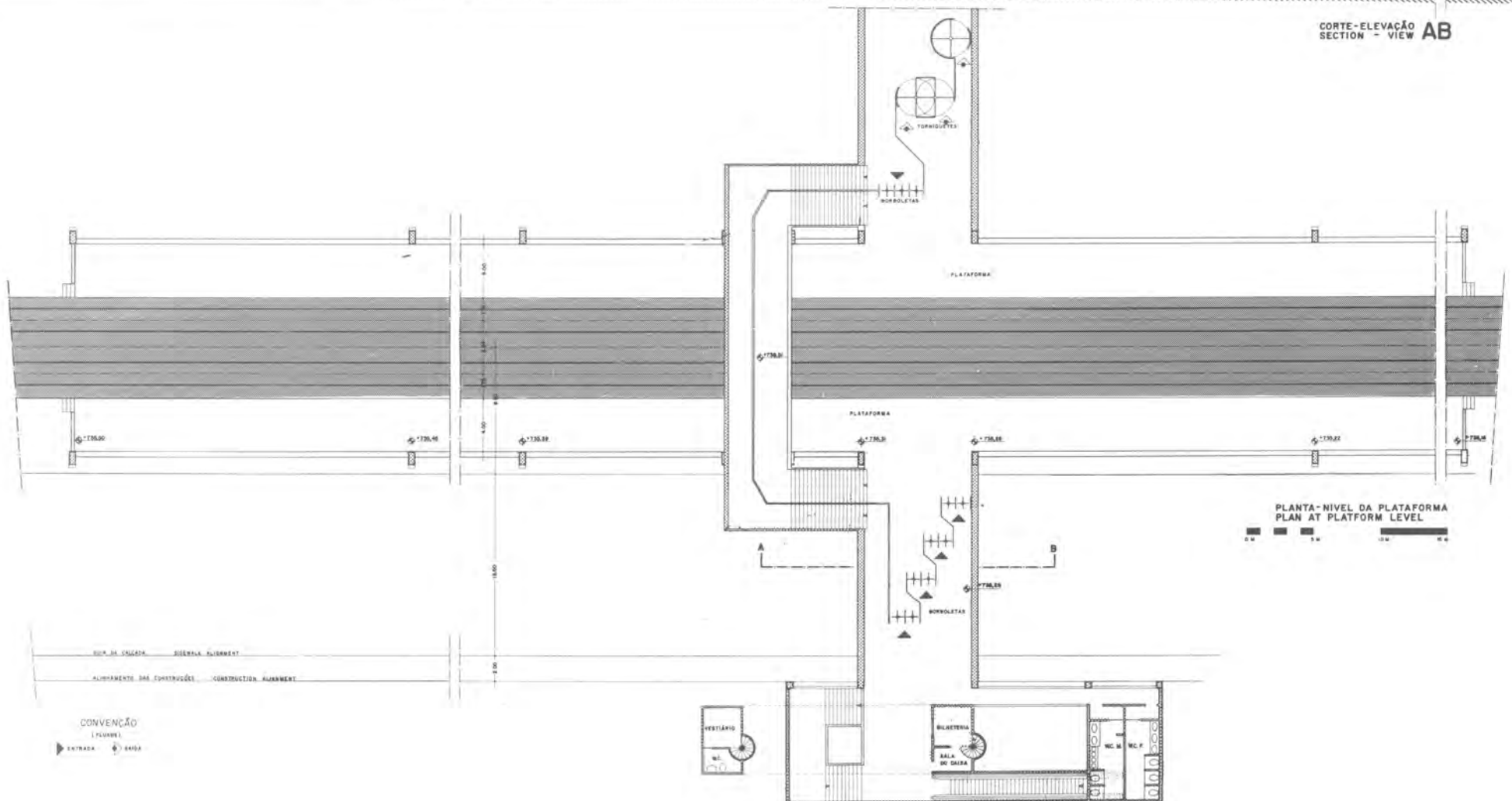
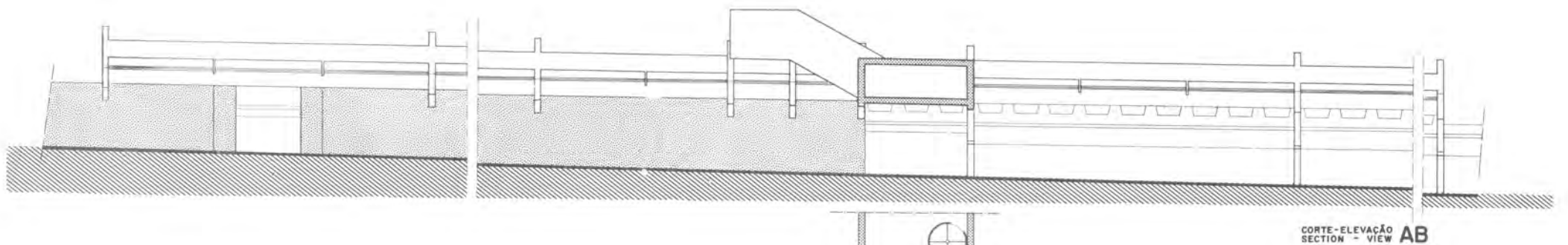




Fig. 31.5  
Estação Santana. Planta ao nível da rua



31.5

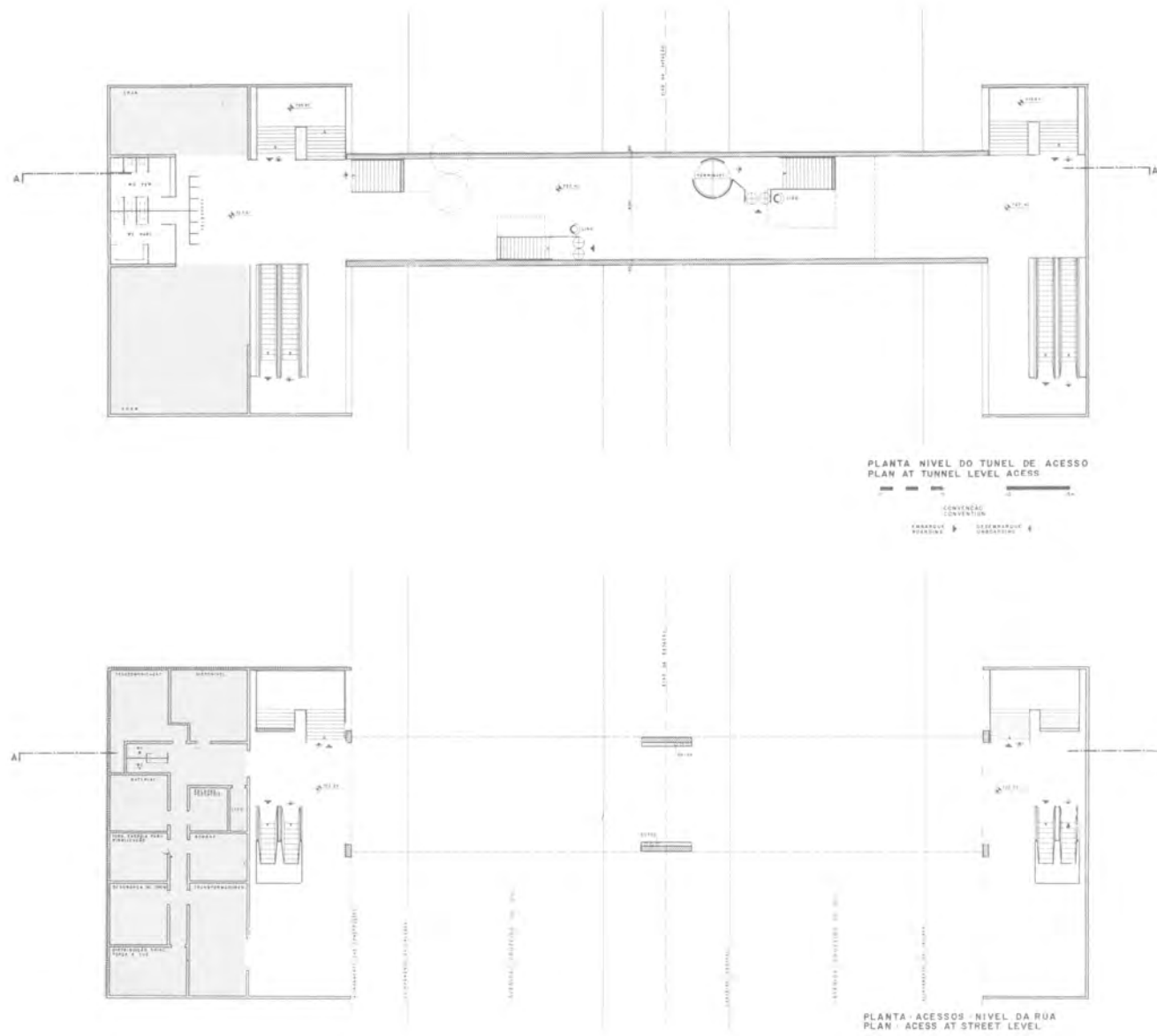


31.6

Fig. 31.6  
Estação Santana. Planta ao nível da plataforma

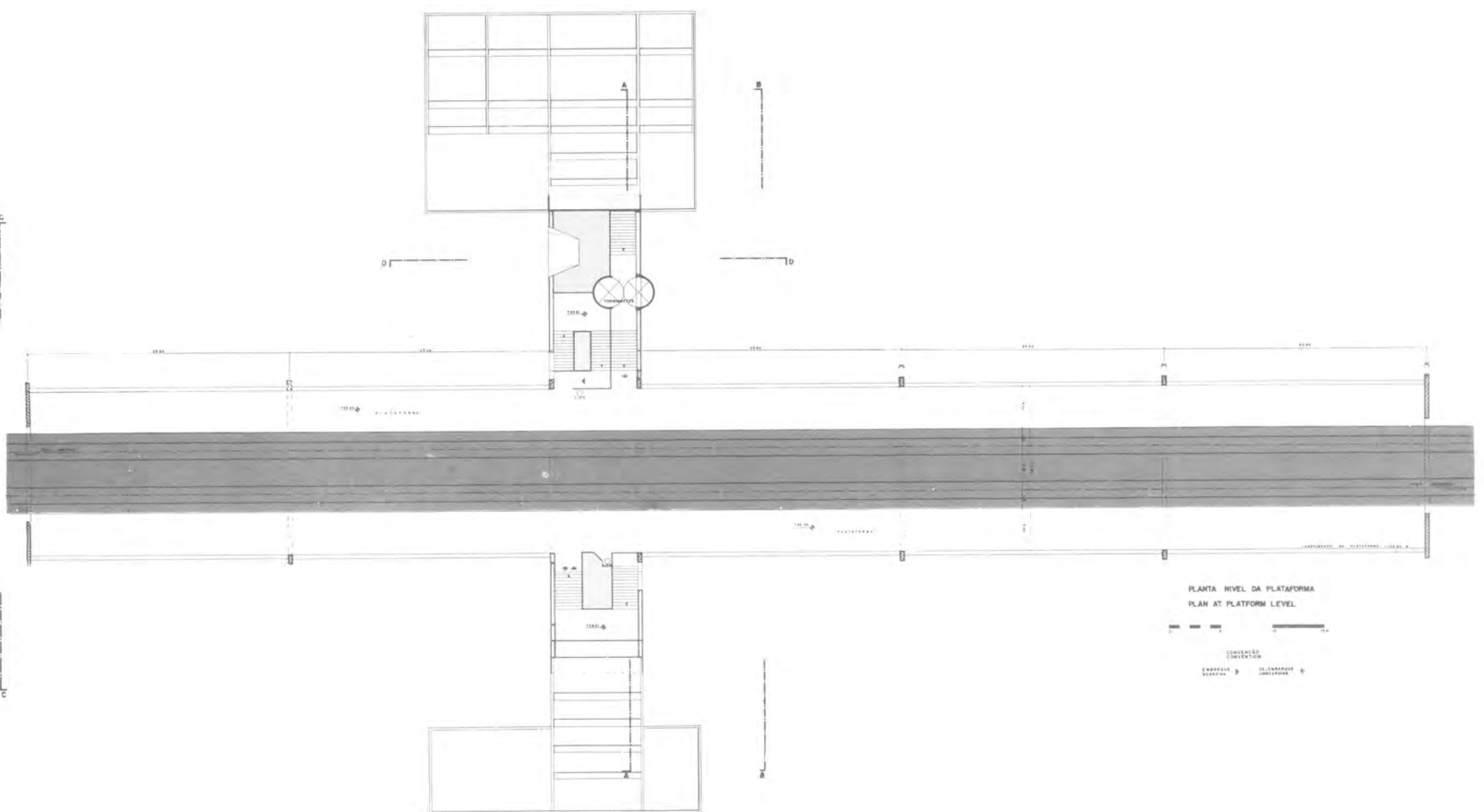


Fig. 31.7  
Estação Carandiru. Planta ao nível do  
túnel de acesso e ao nível da rua



31.7

Fig. 31.8  
Estação Carandiru. Nível da plataforma

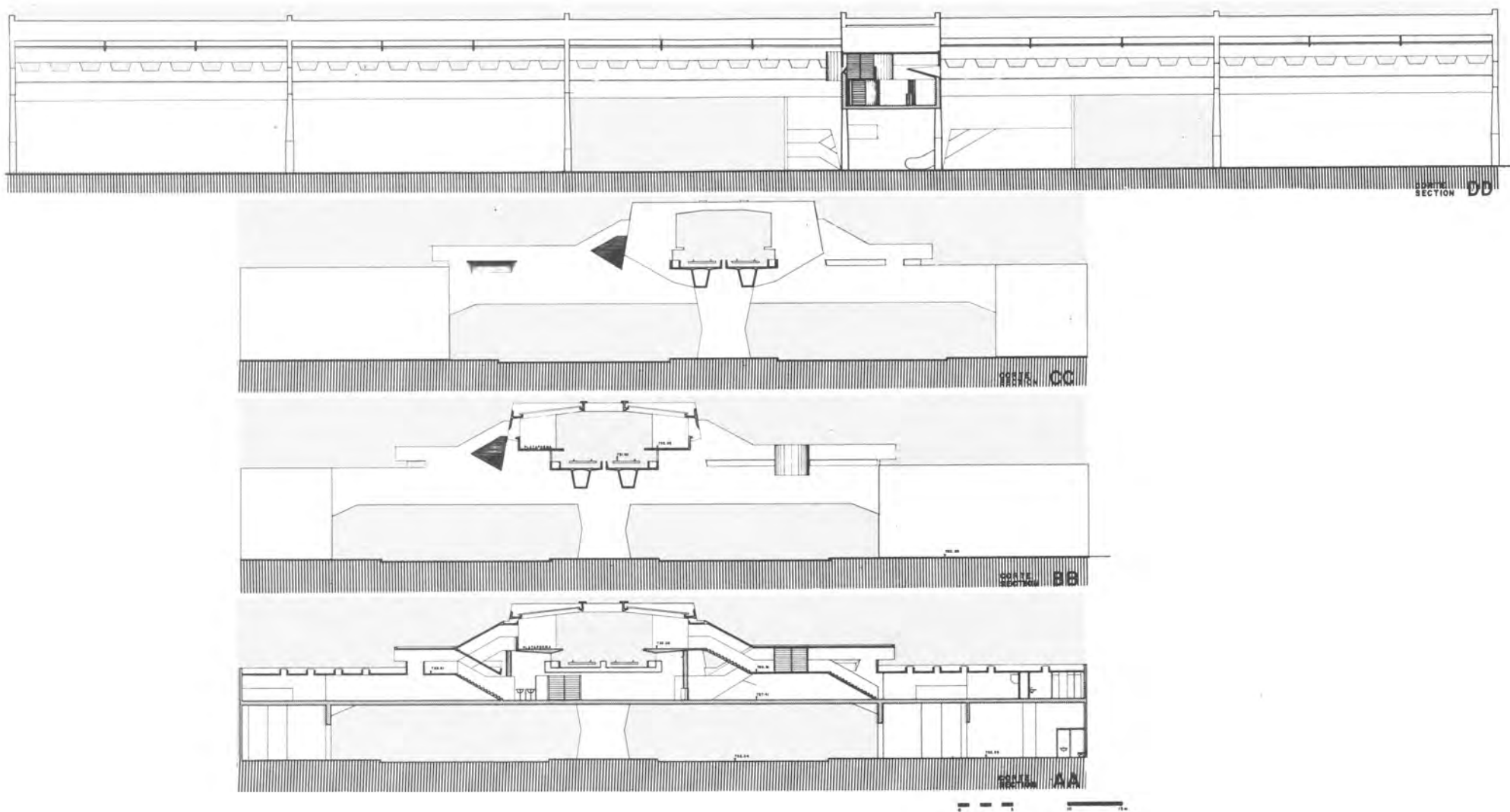


31.8

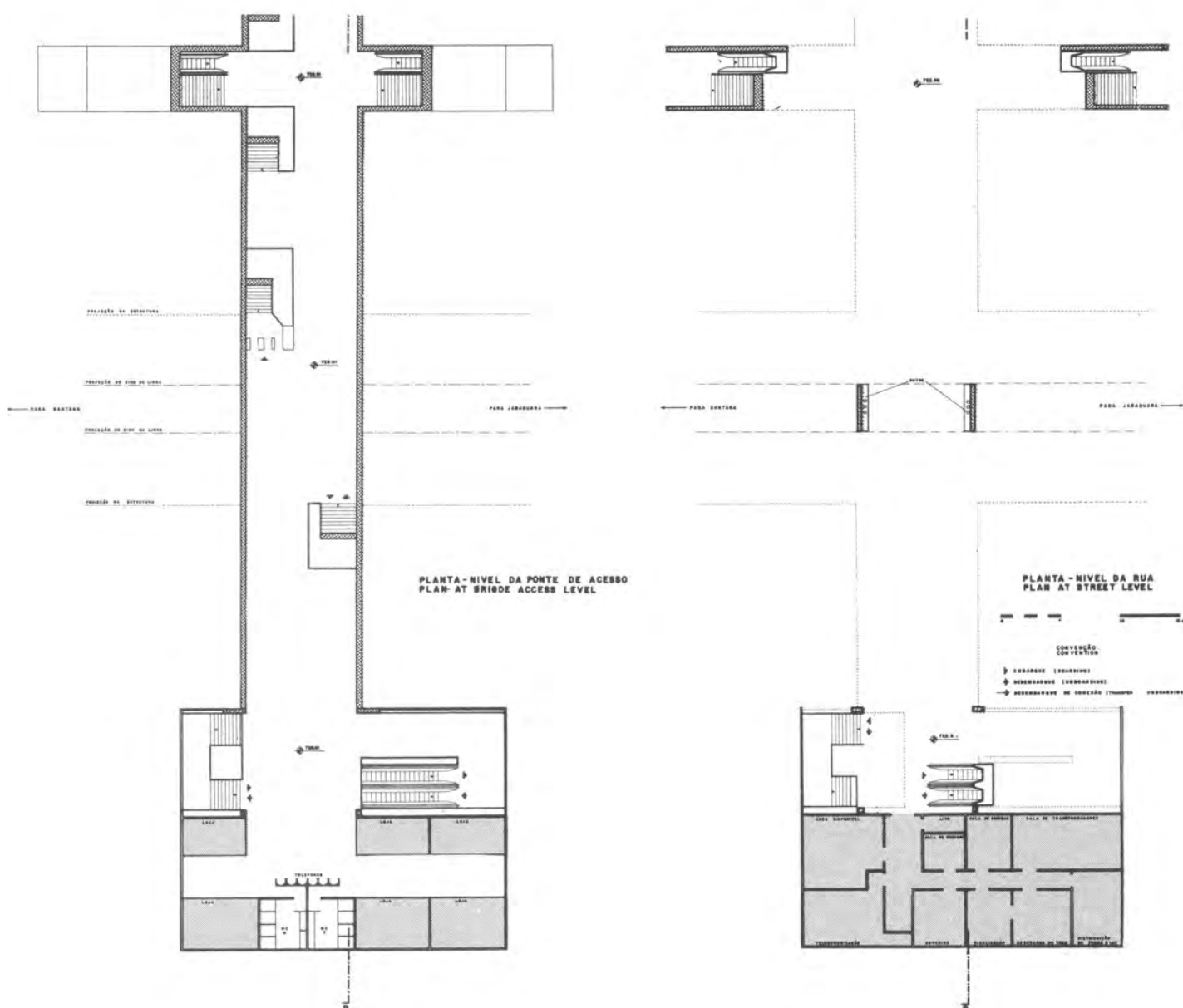


Fig. 31.9  
Estação Carandiru. Elevação e cortes

Fig. 31.10  
Estação Cruzeiro do Sul. Planta ao nível da rua e planta ao nível do túnel



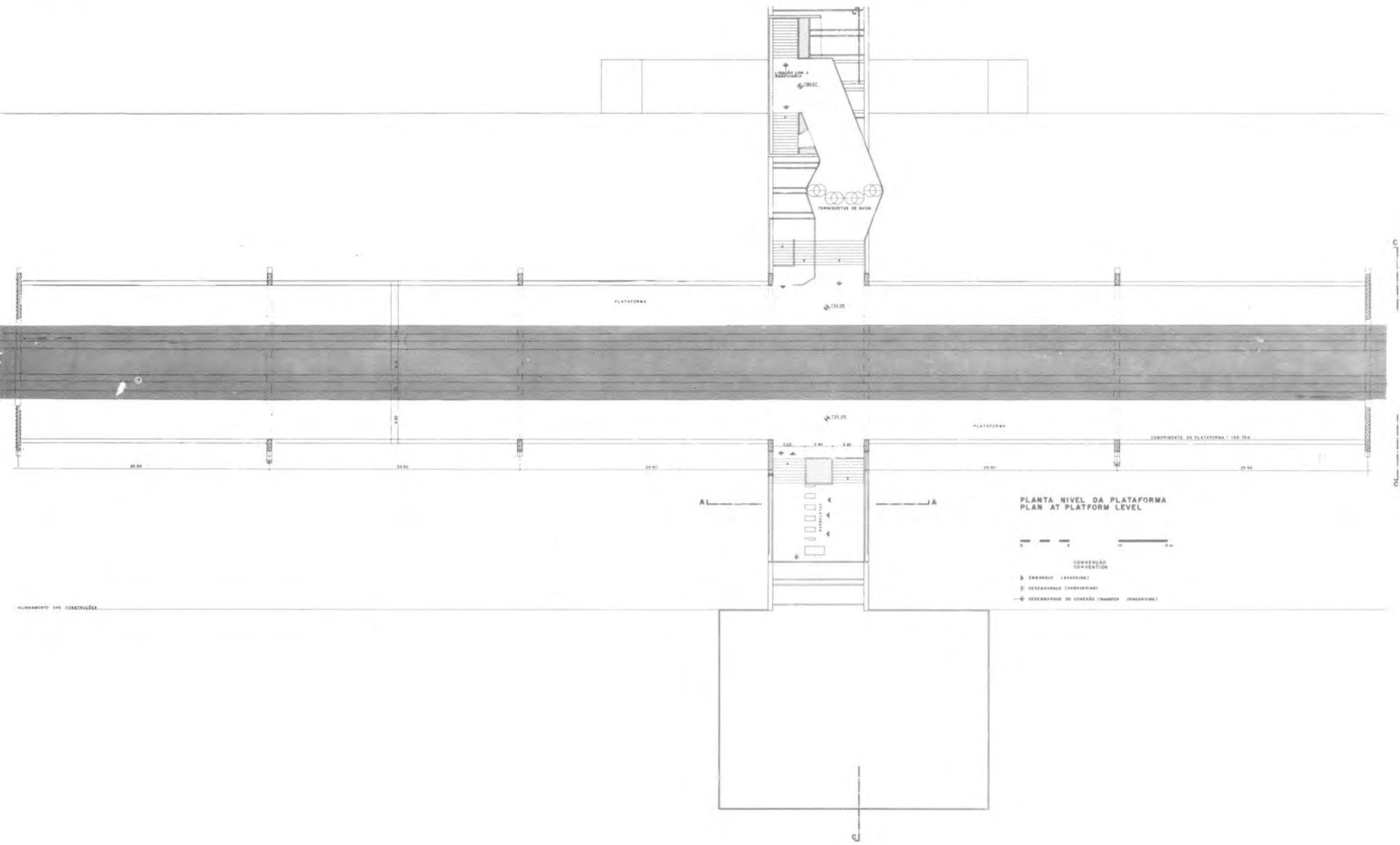
31.9



31.10

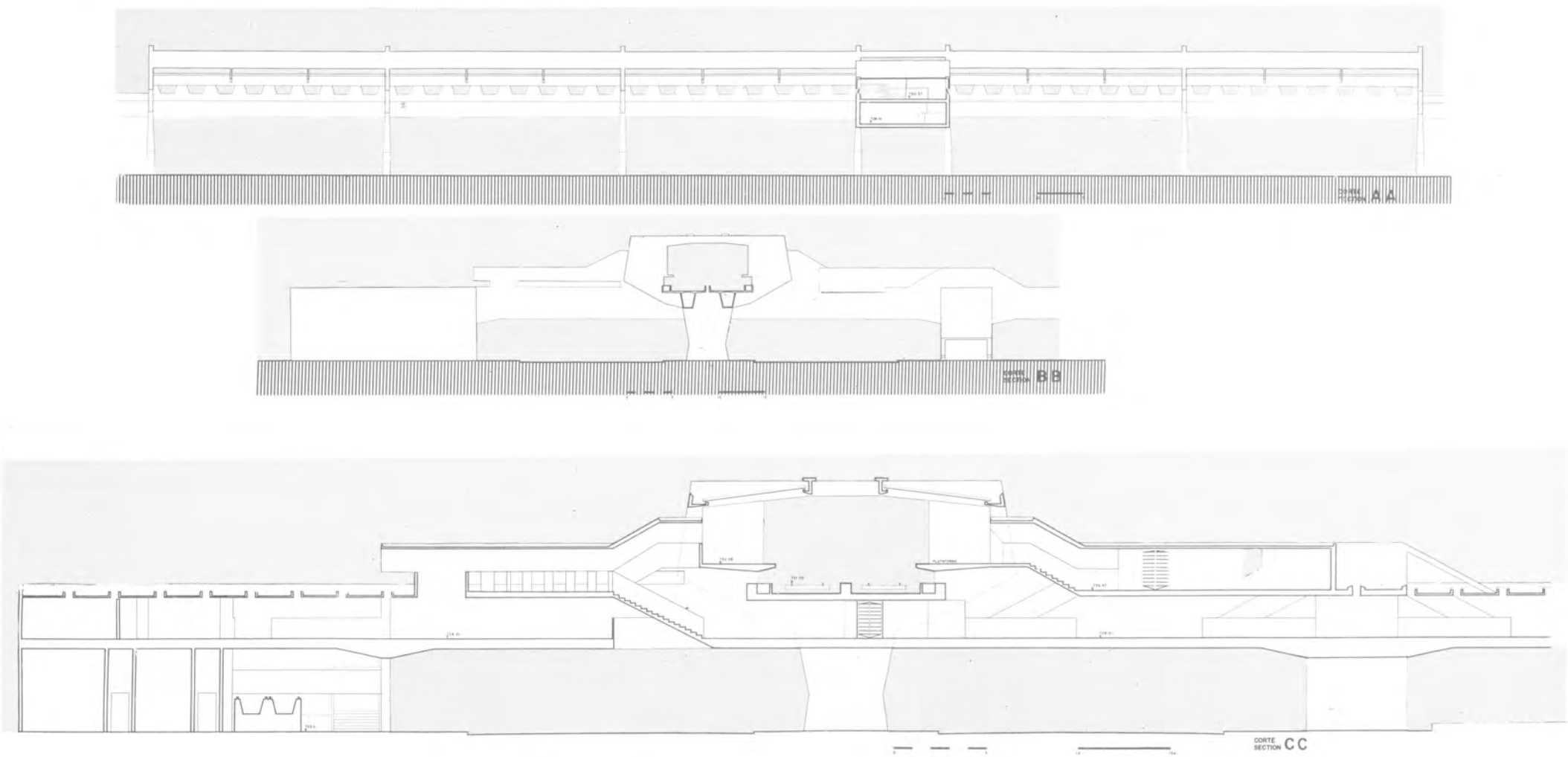


Fig. 31.11  
Estação Cruzeiro do Sul. Planta ao nível  
da plataforma



31.11

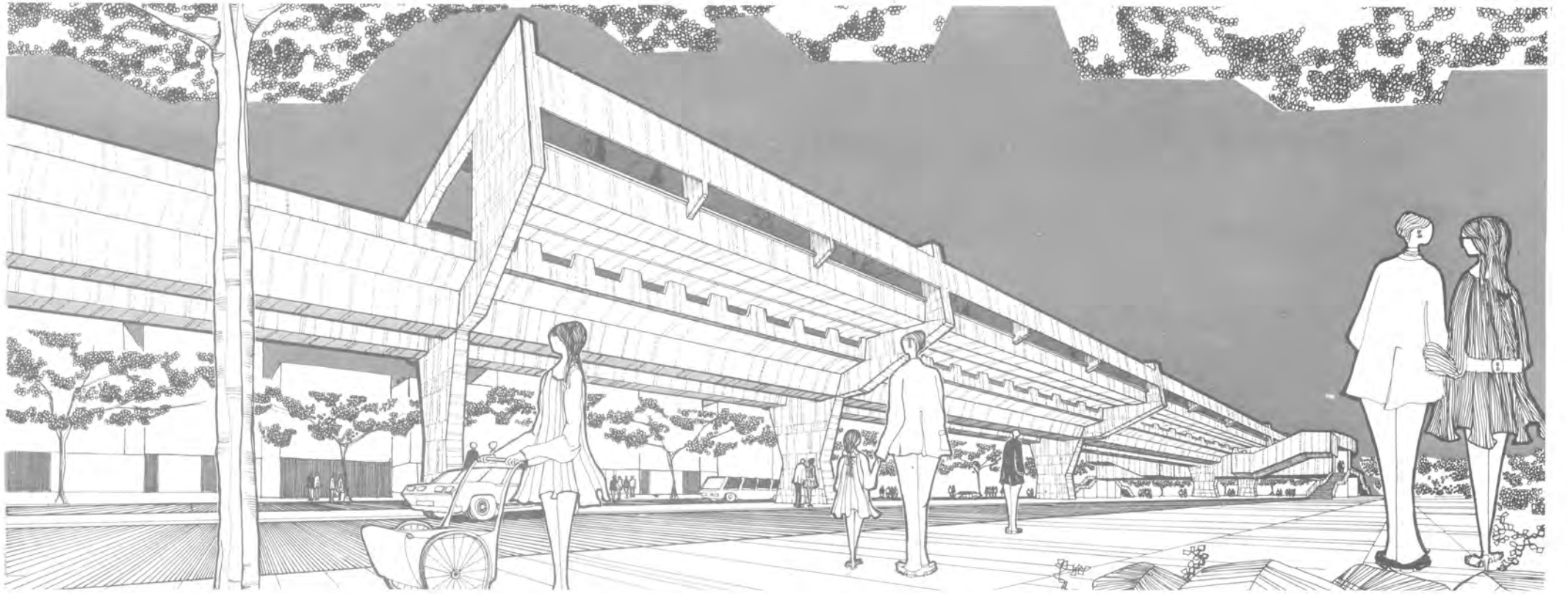
Fig. 31.12  
Estação Cruzeiro do Sul. Cortes e elevações



31.12



Fig. 31.13  
Estação Cruzeiro do Sul. Perspectiva



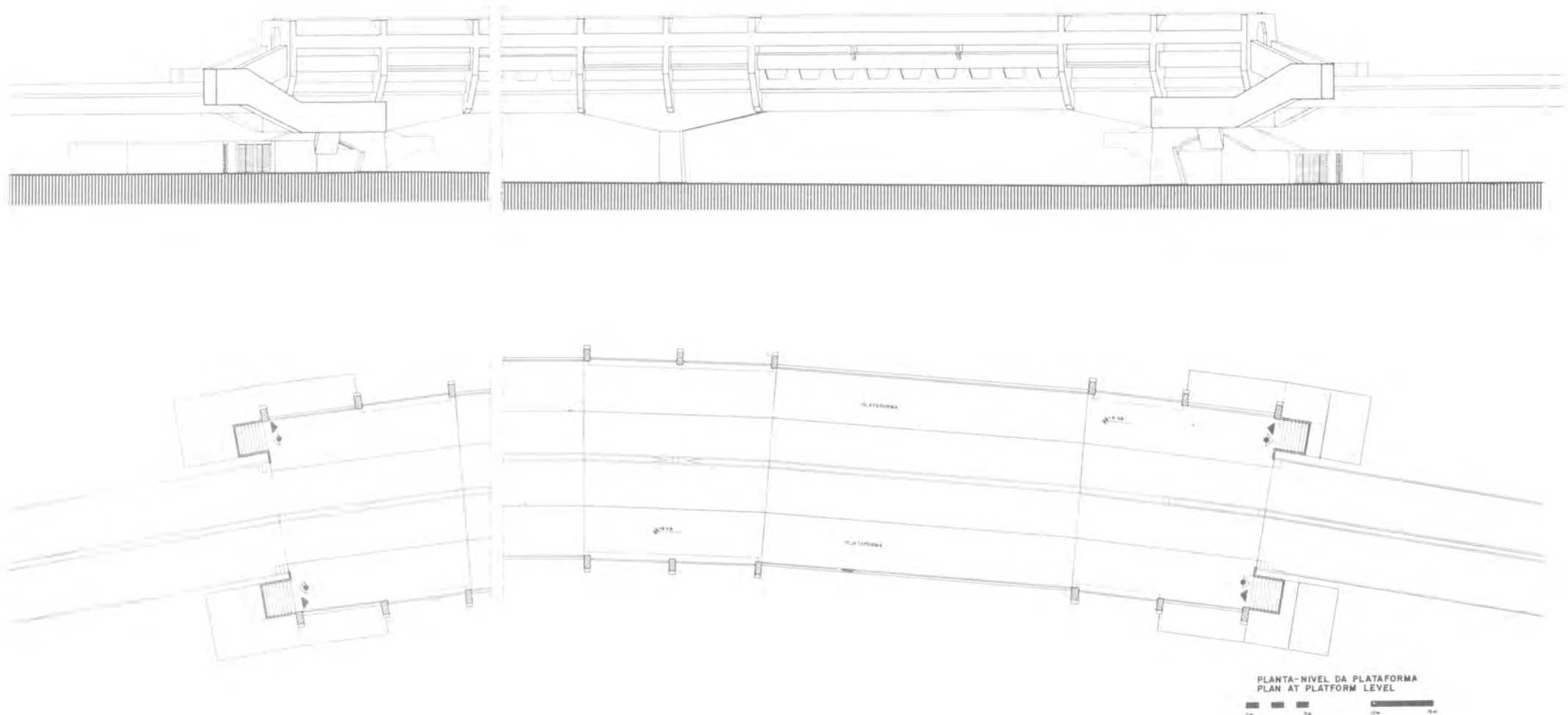
31.13

Fig. 31.14  
Estação Ponte Pequena. Perspectiva



31.14

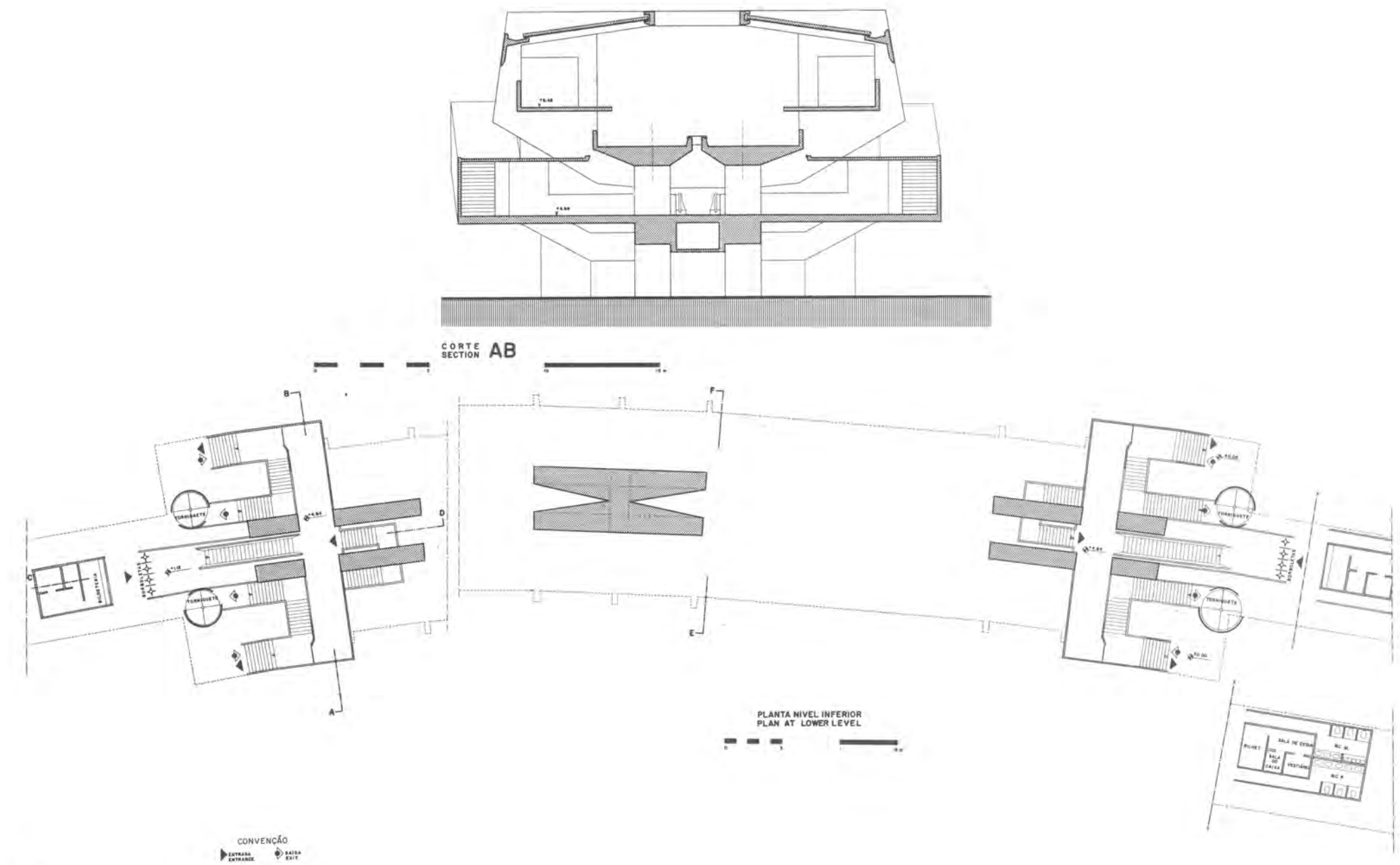
Fig. 31.15  
Estação Ponte Pequena. Elevação e planta ao nível da plataforma



31.15

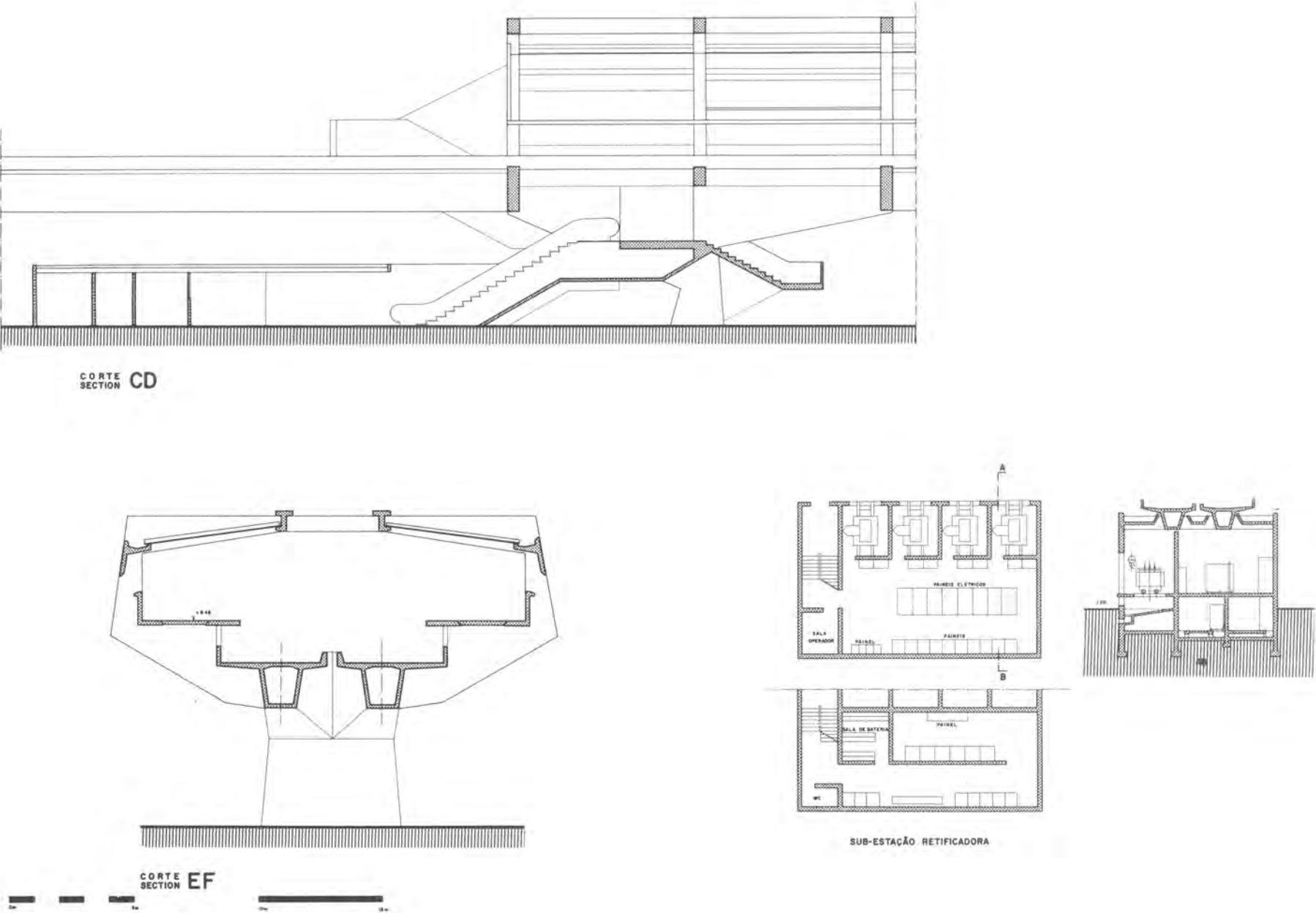


Fig. 31.16  
Estação Ponte Pequena. Planta do nível inferior



31.16

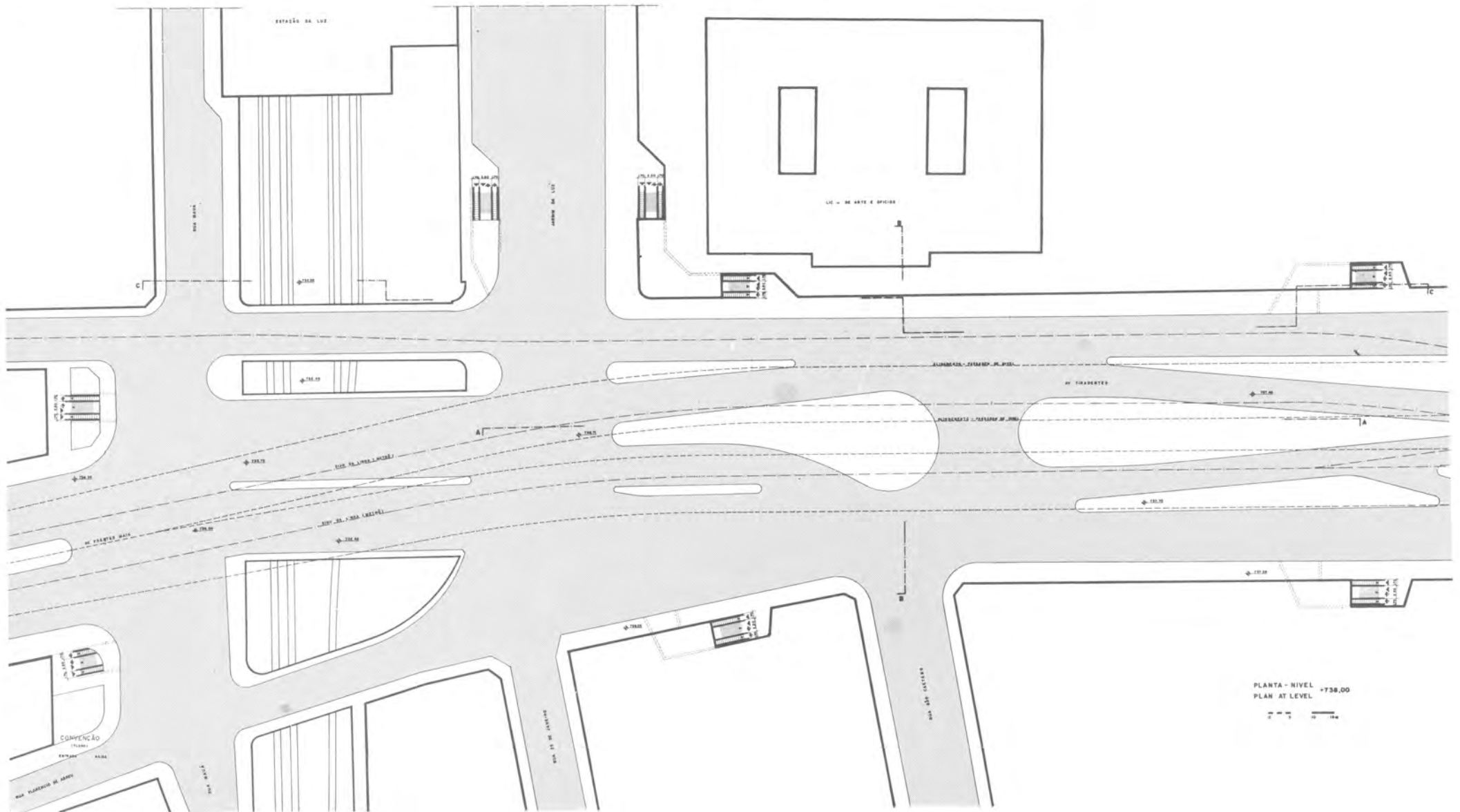
Fig. 31.17  
Estação Ponte Pequena. Cortes e subestação retificadora



31.17

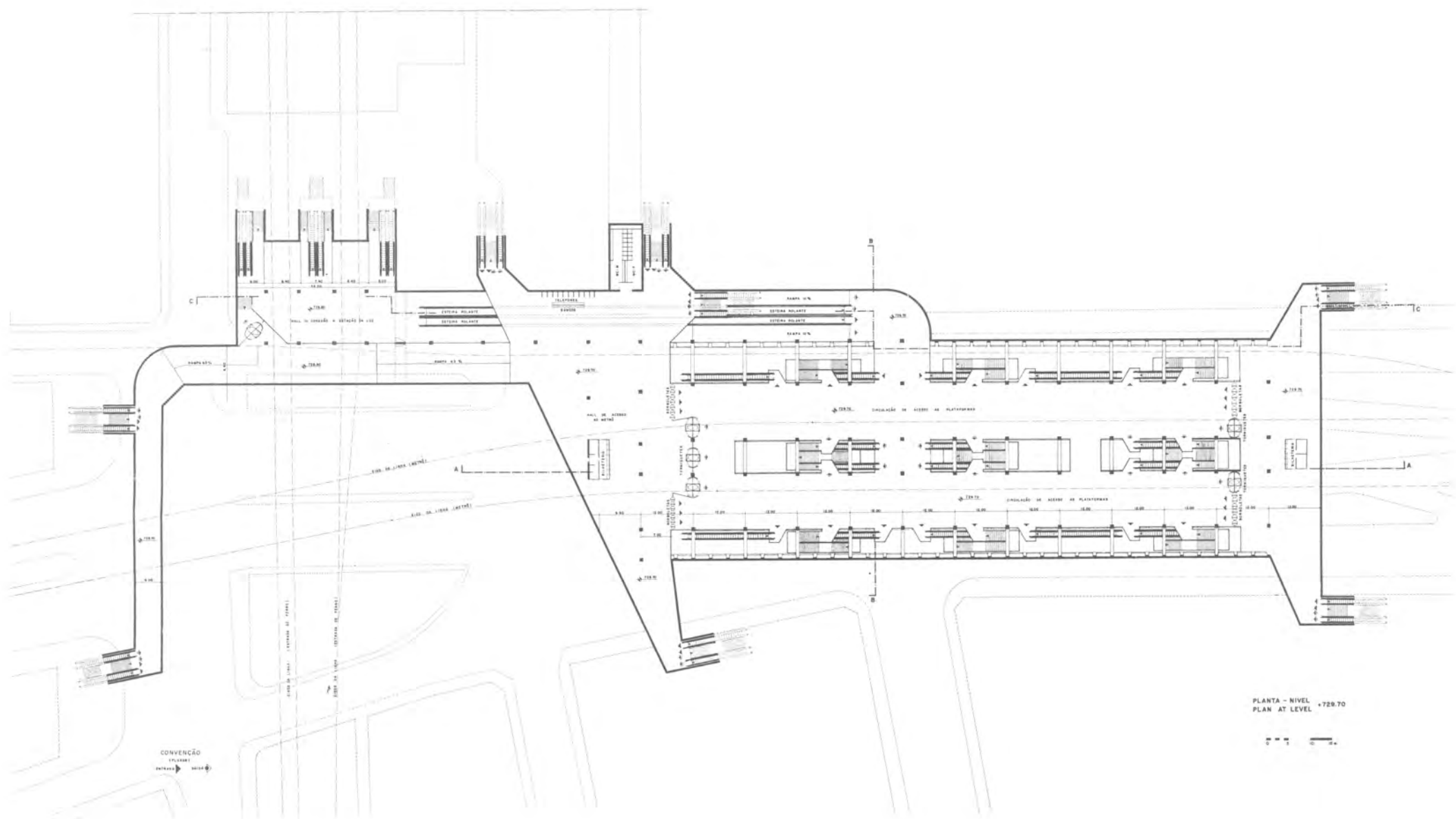


Fig. 31.18  
Estação da Luz. Planta ao nível + 738,00



31.18

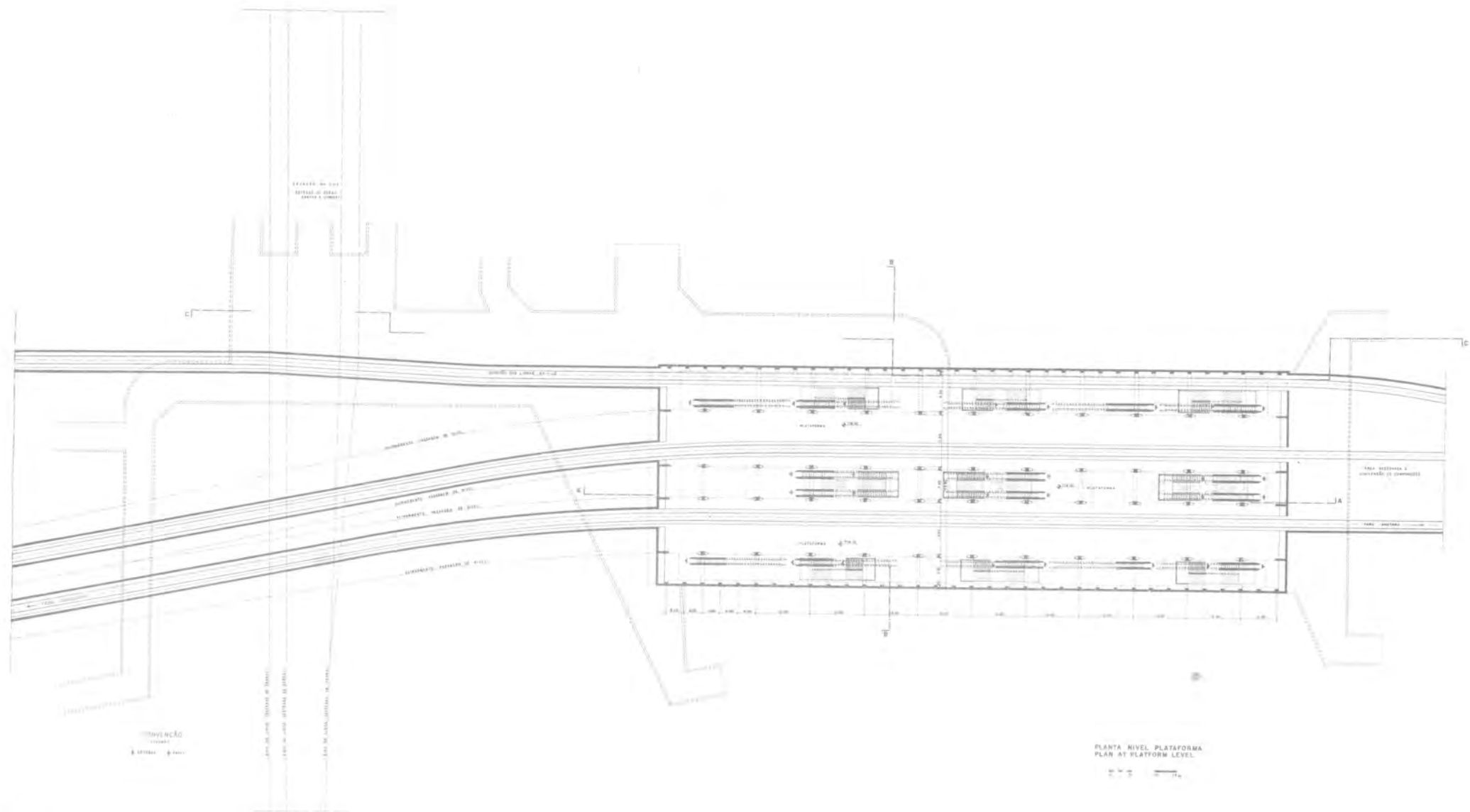
Fig. 31.19  
Estação da Luz. Planta ao nível + 729,70



31.19

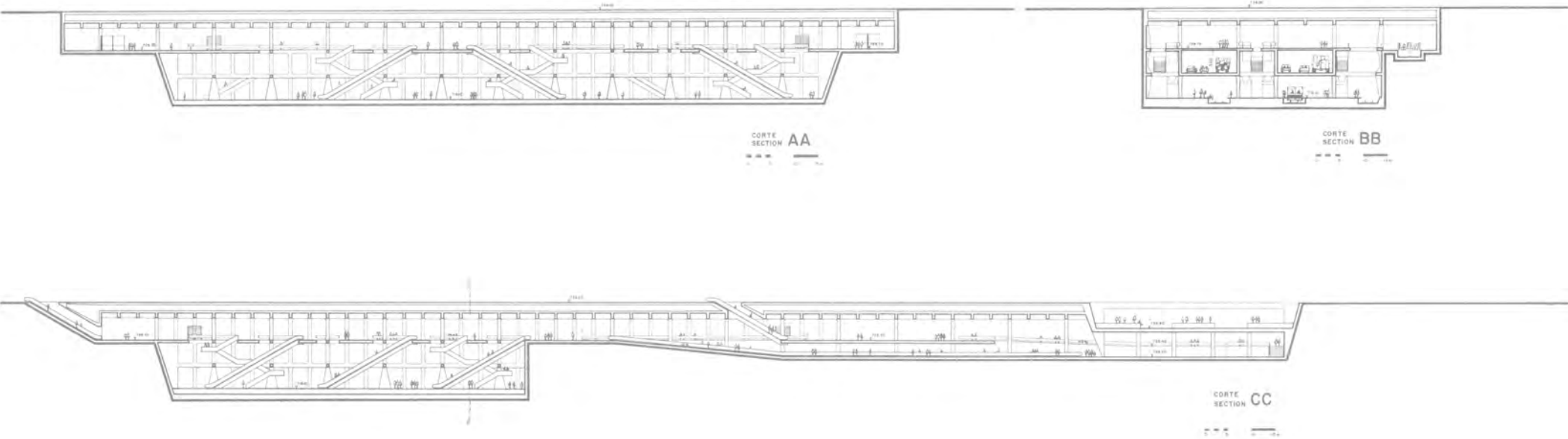


Fig. 31.20  
Estação da Luz. Planta ao nível da plataforma



31.20

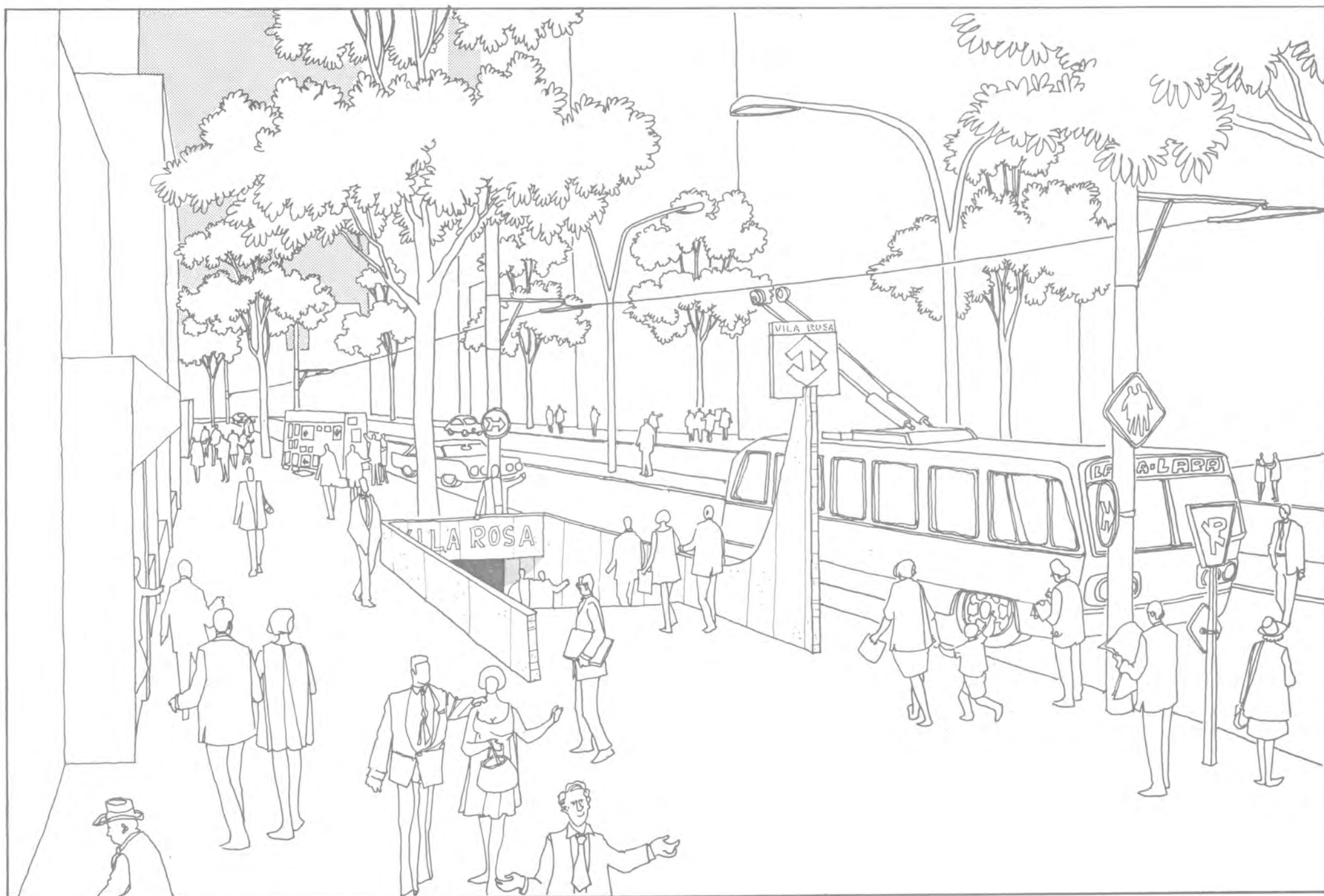
Fig. 31.21  
Estação da Luz. Cortes



31.21

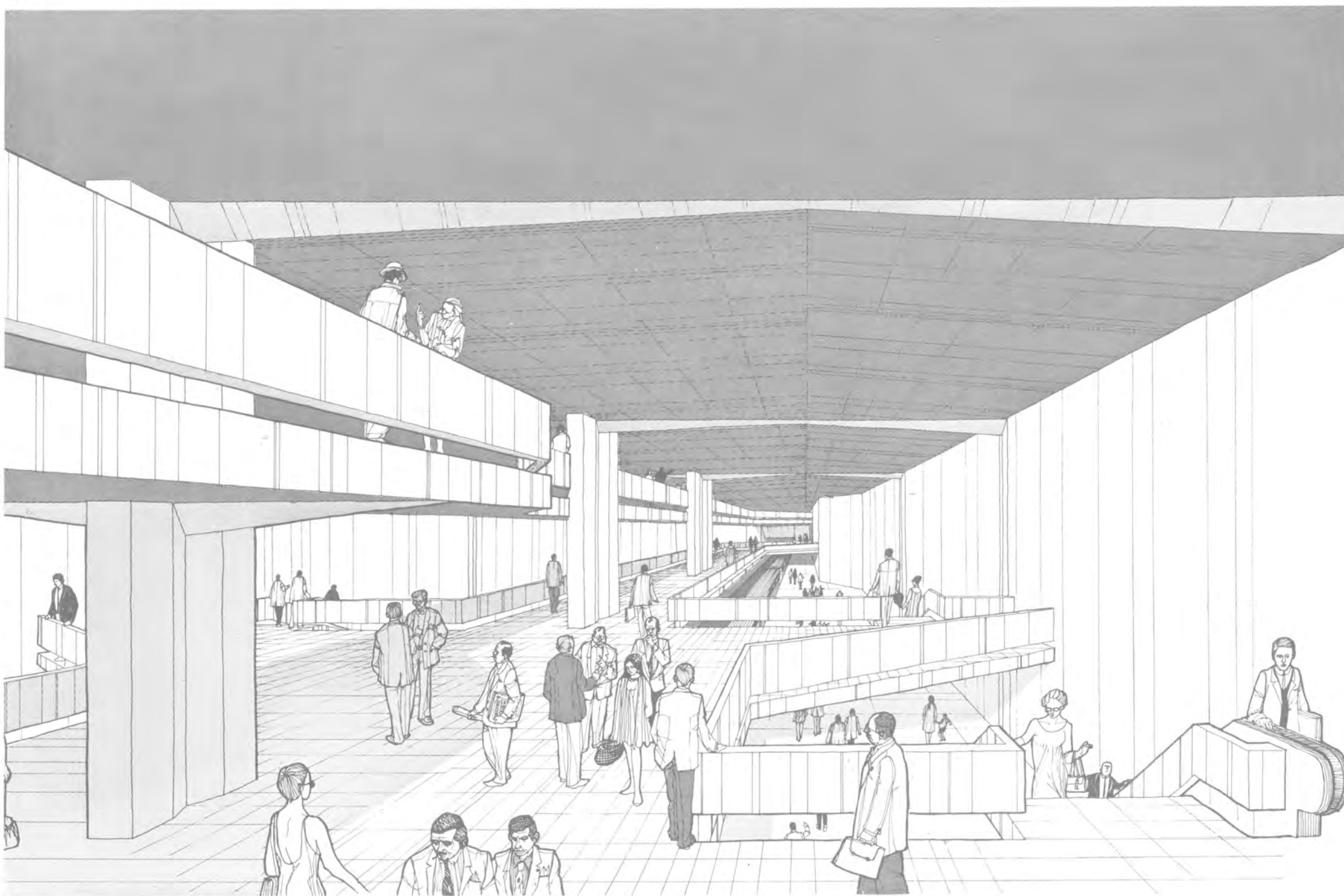


Fig. 31.22  
Entrada para estação subterrânea do Metrô



31.22

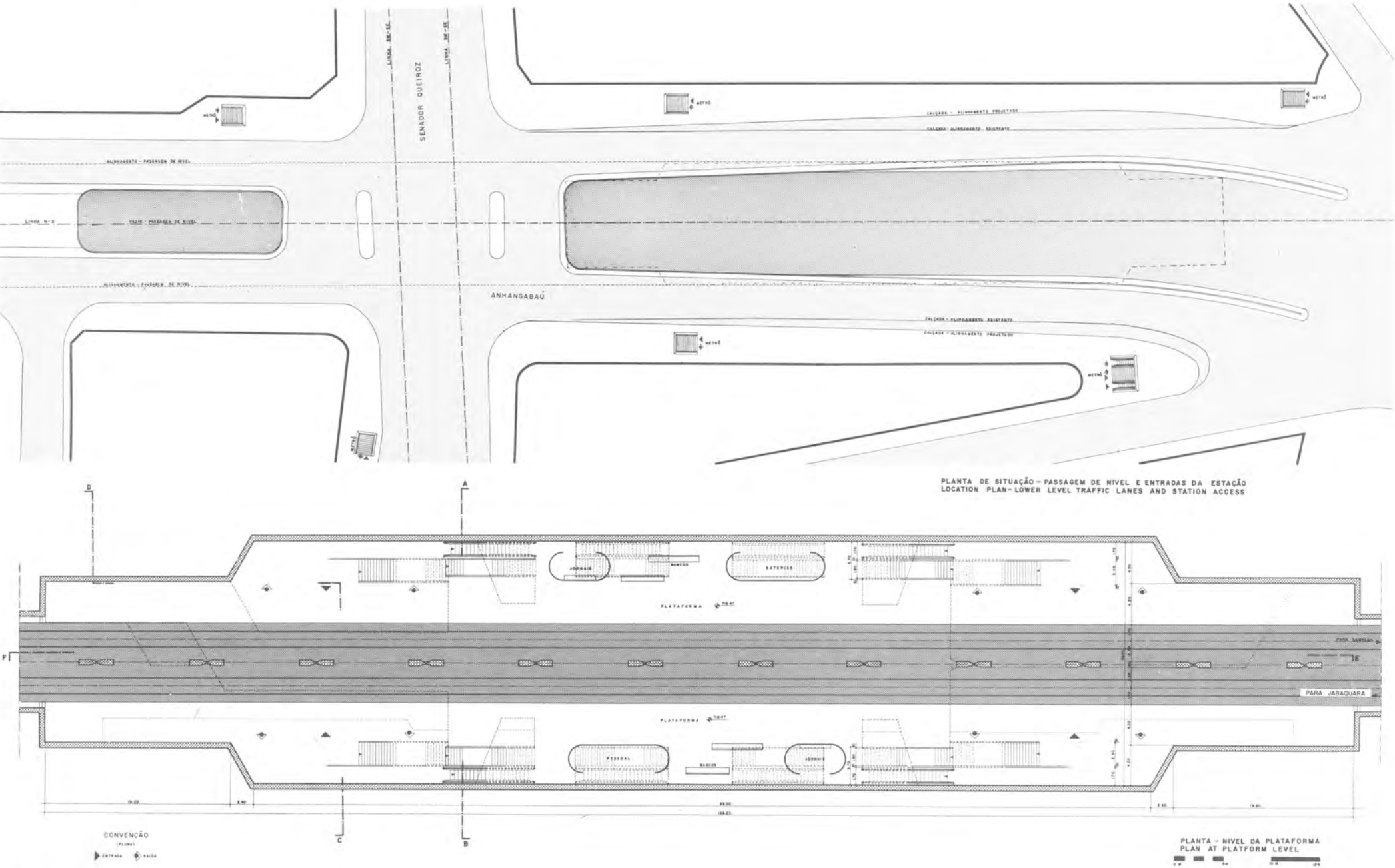
Fig. 31.23  
Estação Senador Queiroz. Perspectiva



31.23

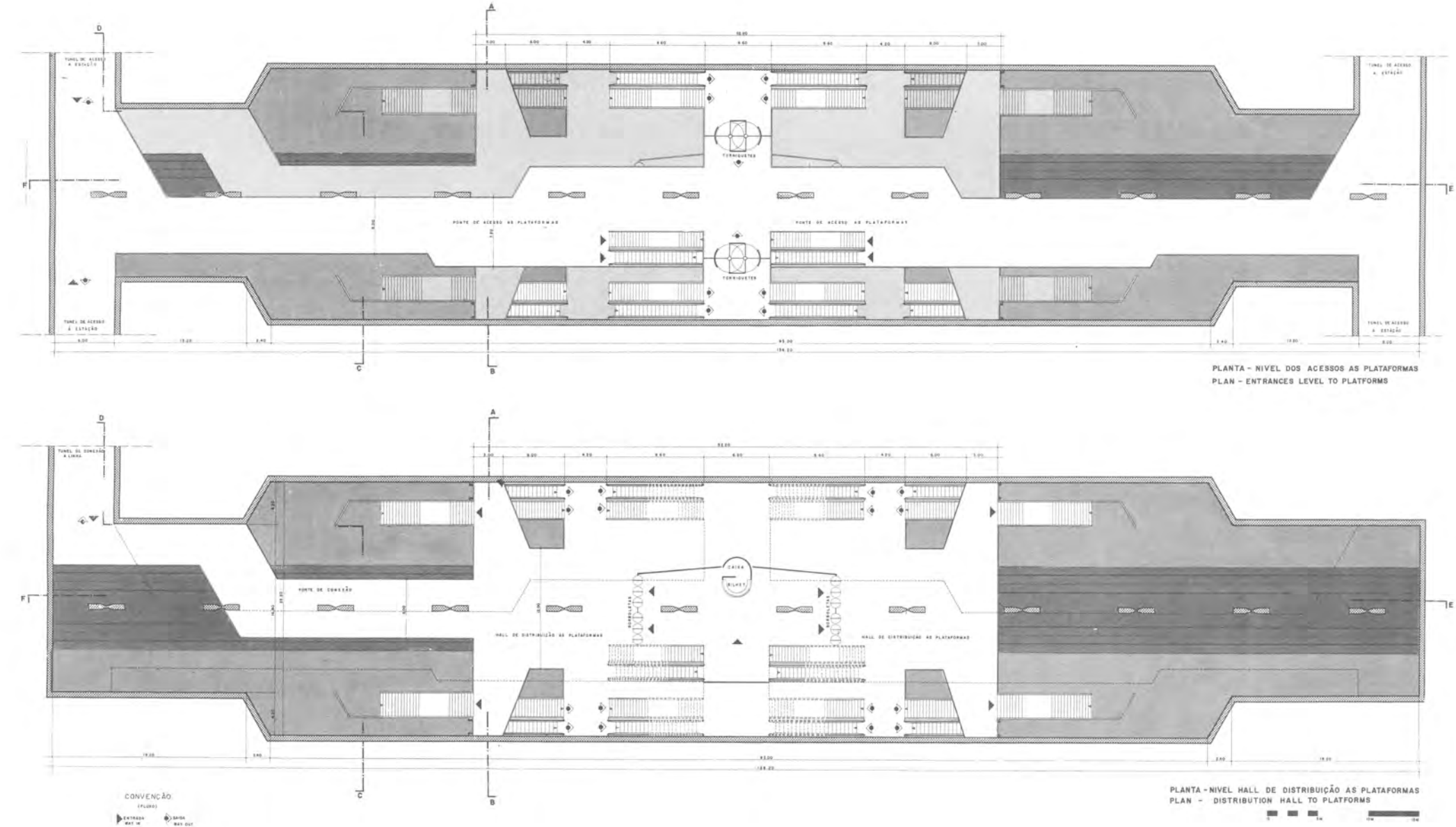


Fig. 31.24  
Estação Senador Queiroz. Planta de situação.  
Passagem de nível e entradas da estação;  
planta ao nível da plataforma



31.24

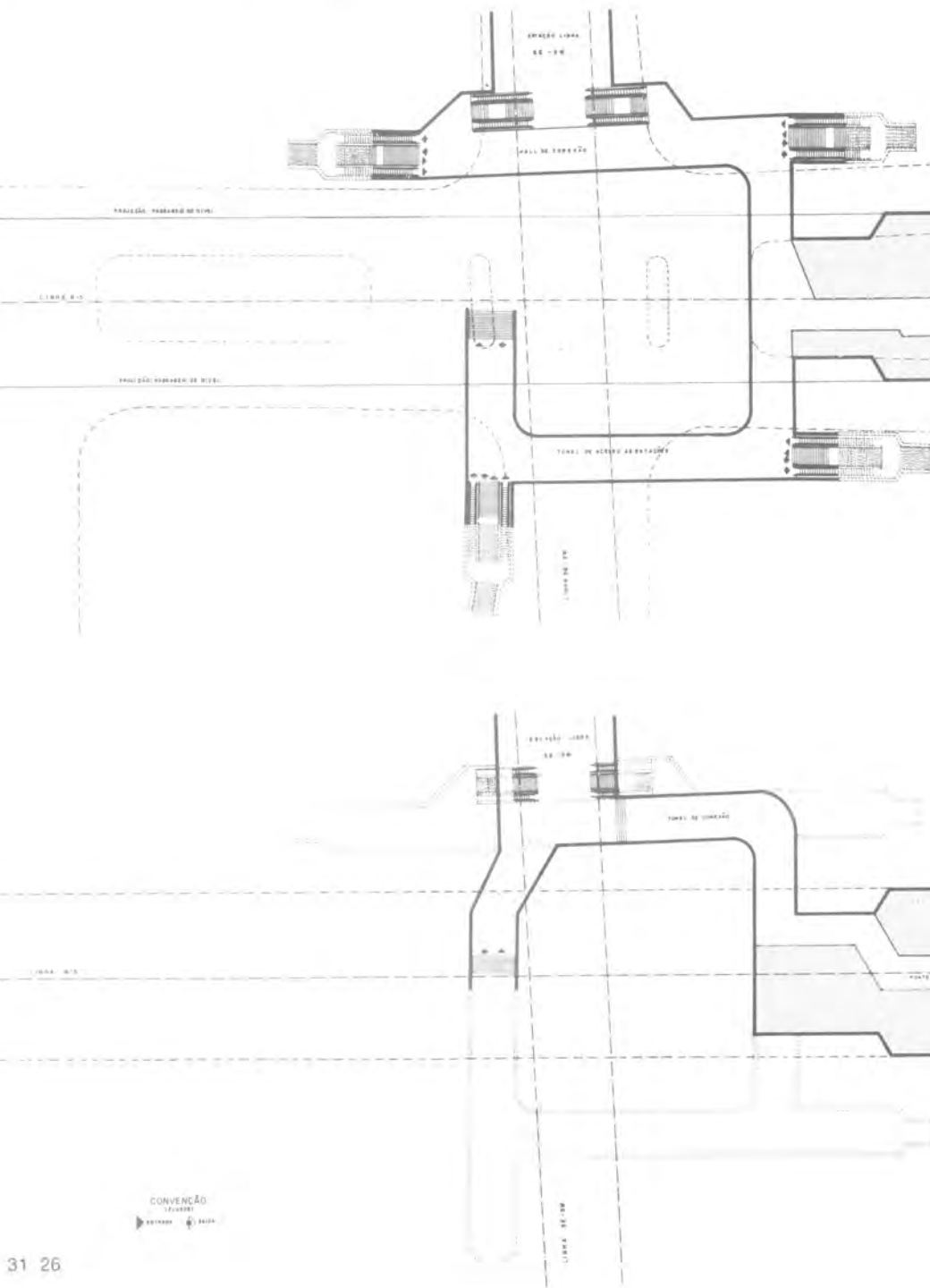
Fig. 31.25  
Estação Senador Queiroz. Planta ao nível  
dos acessos às plataformas; planta ao nível  
do hall de distribuição às plataformas



31.25



Fig. 31.26  
Estação Senador Queiroz. Planta ao nível  
dos acessos às estações. Planta ao nível  
da conexão entre as estações



31.26

Fig. 31.27  
Estação Senador Queiroz. Cortes

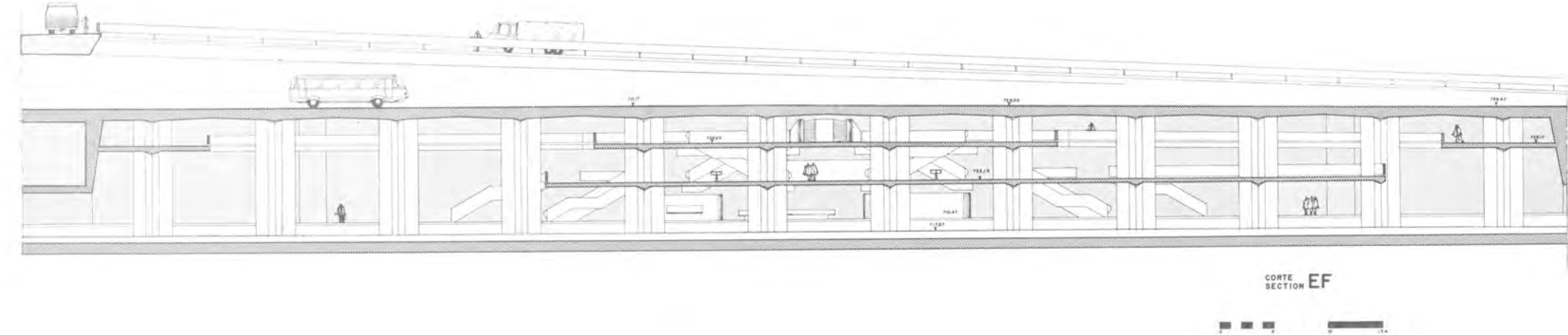
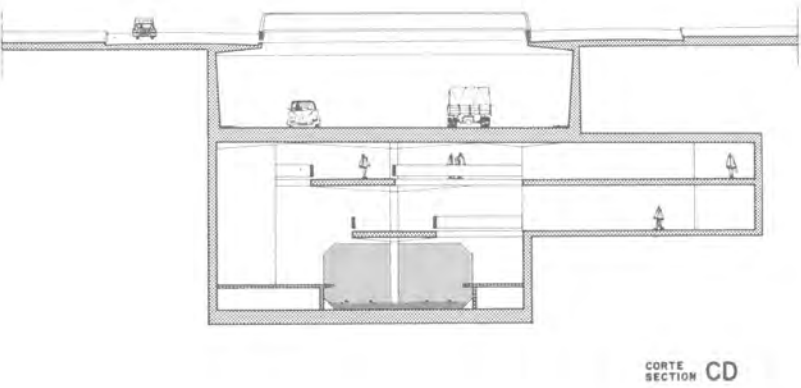
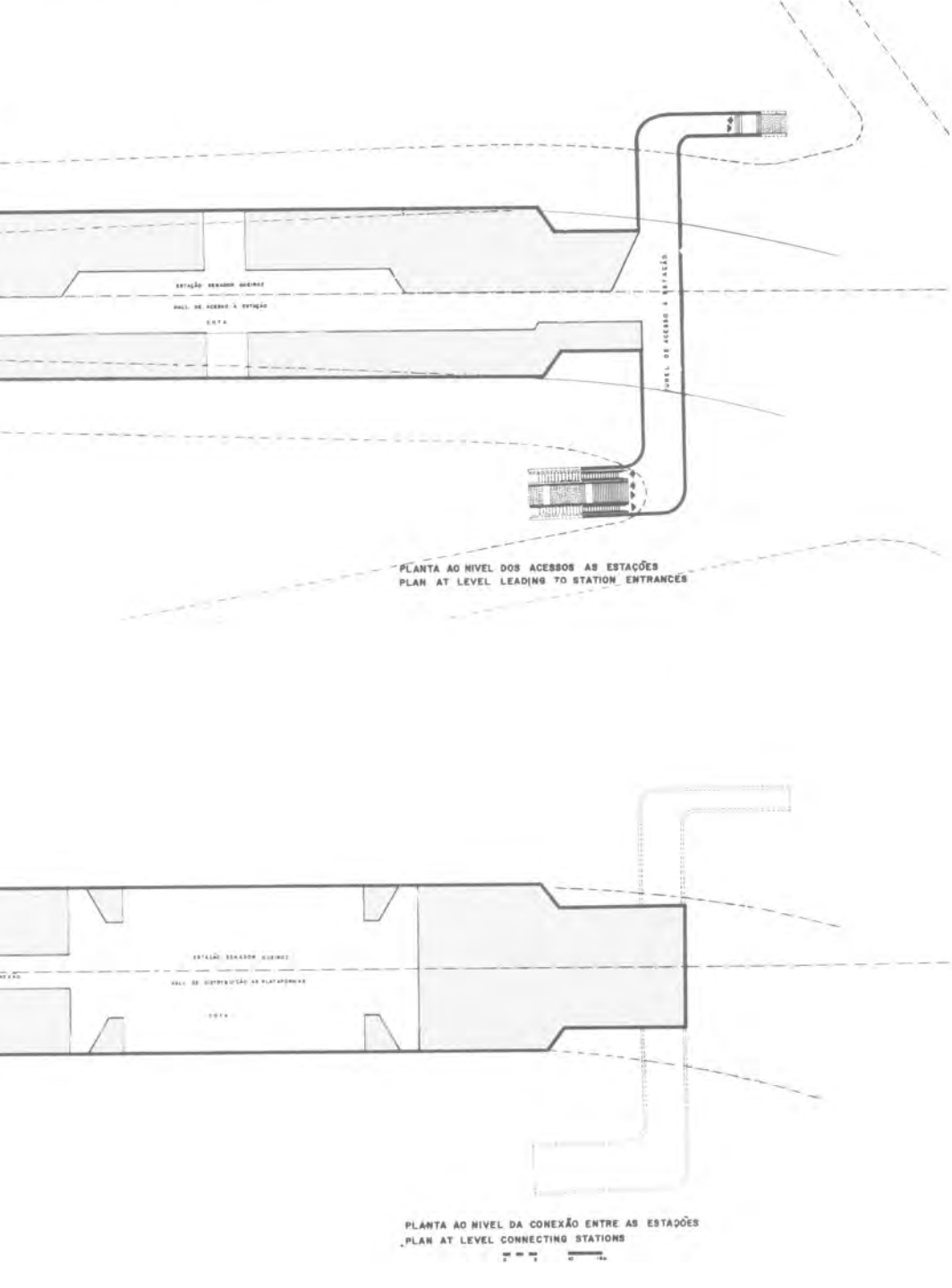
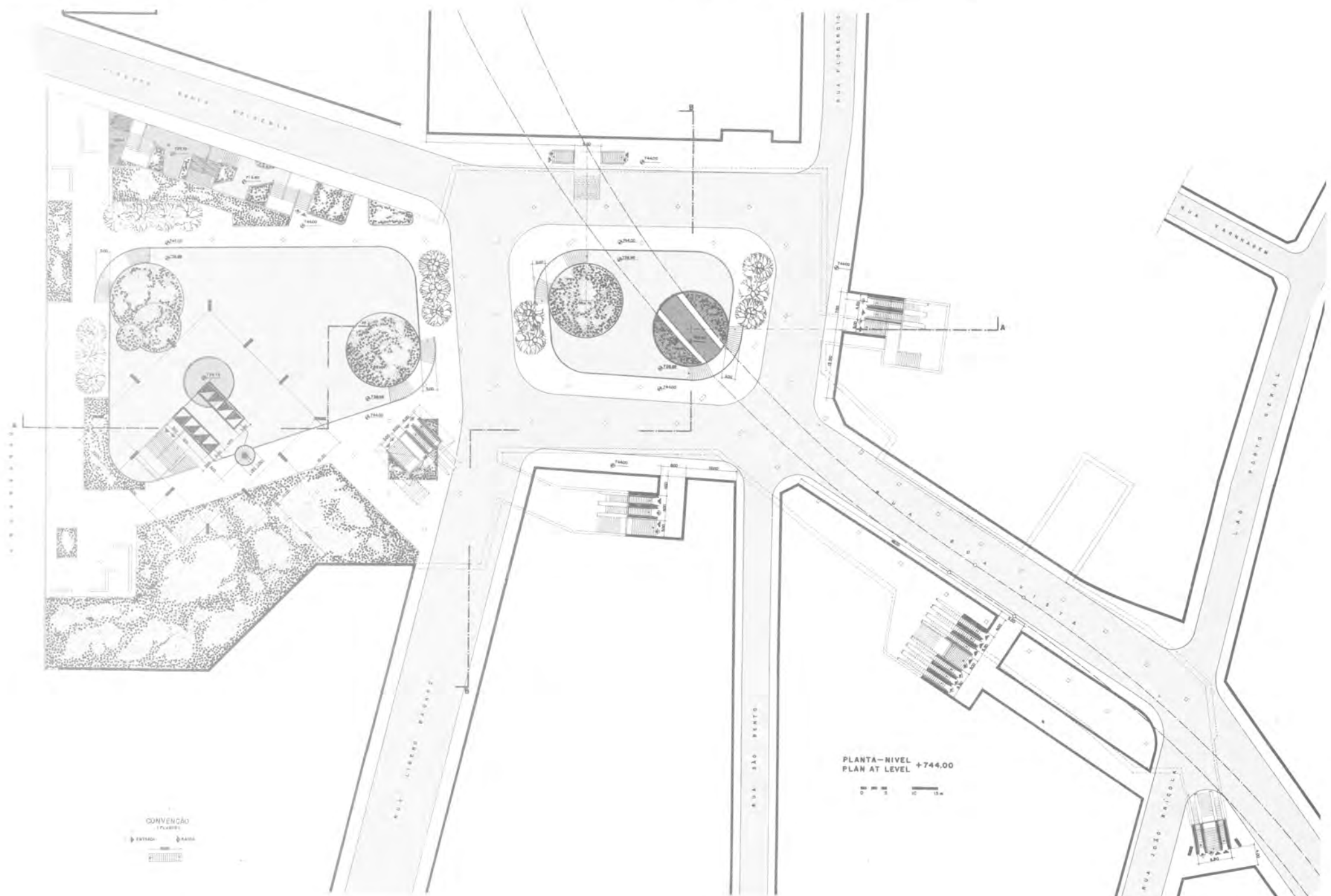


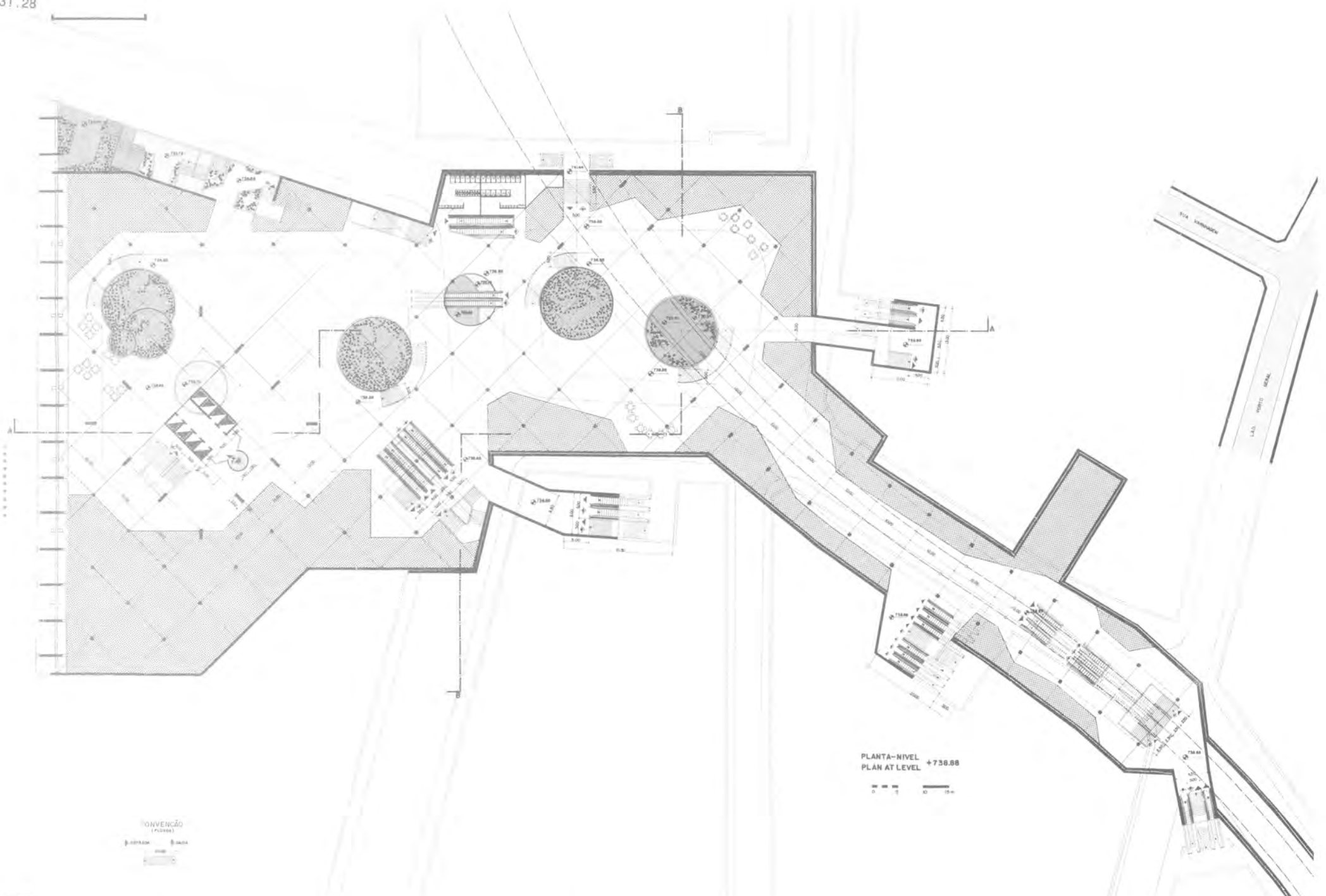


Fig. 31.28  
Estação São Bento. Planta ao nível 744,00



31.28

Fig. 31.29  
Estação São Bento. Planta ao nível + 738,88



31.29



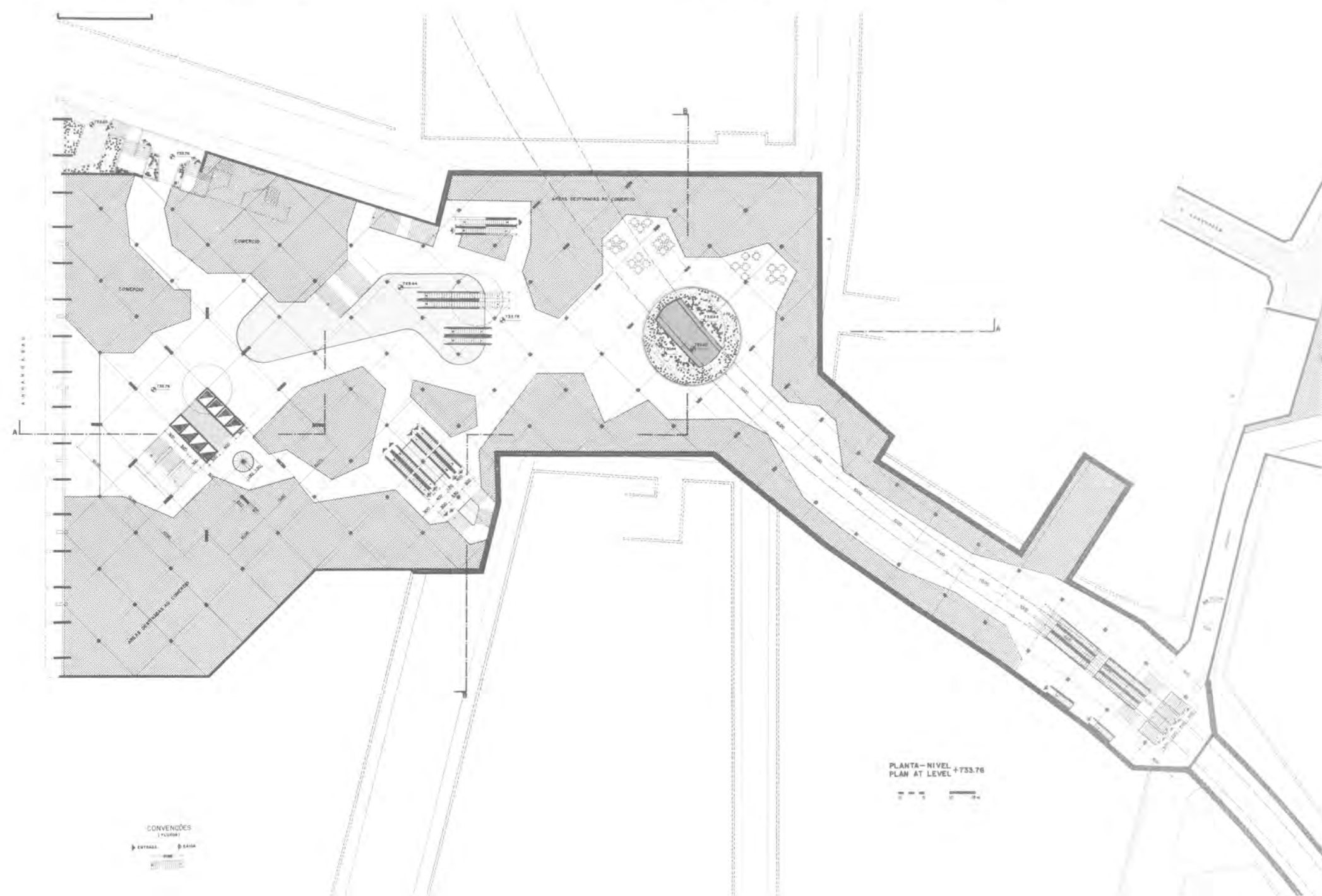


Fig. 31.31  
Estação São Bento. Planta ao nível + 729,44

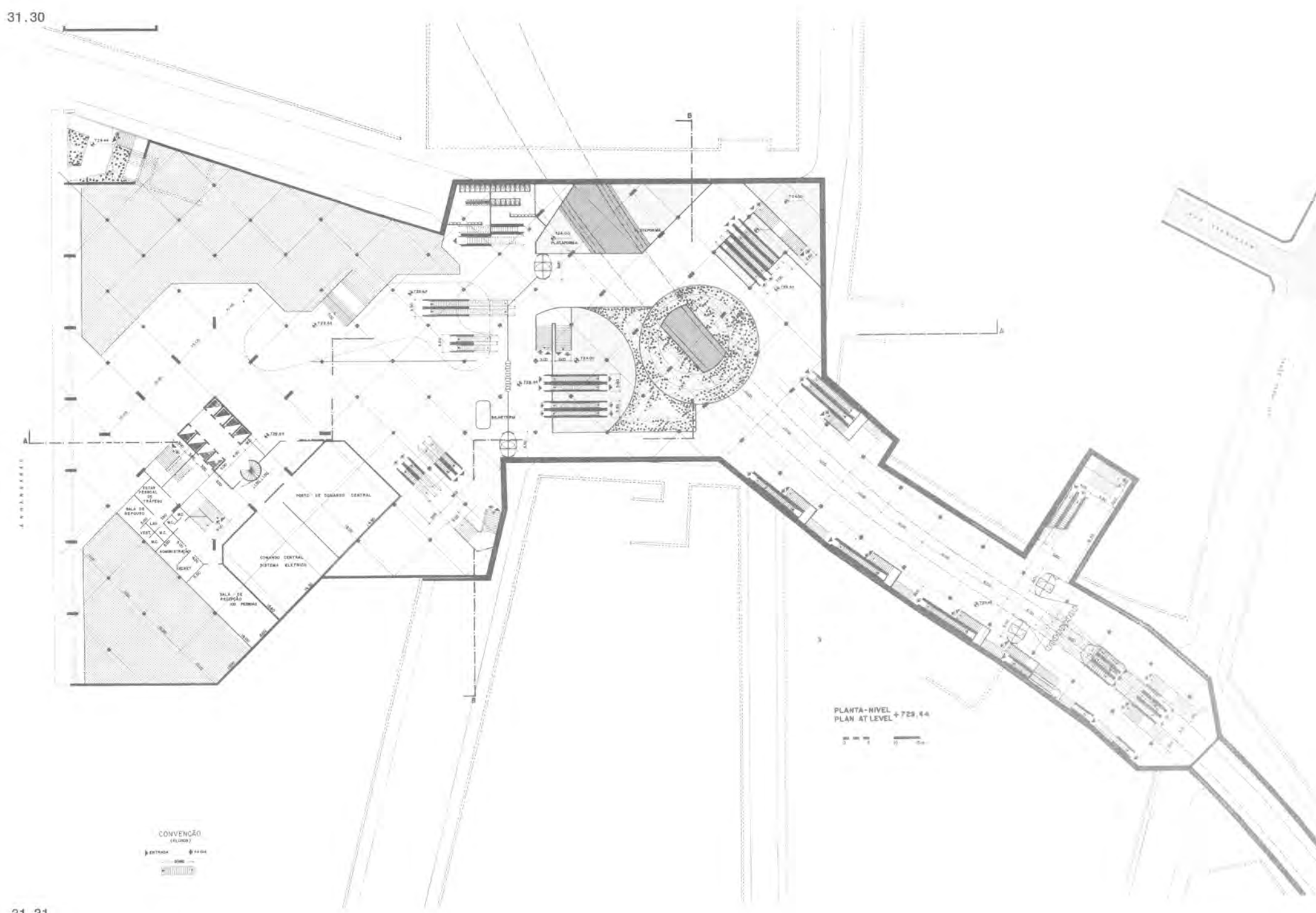
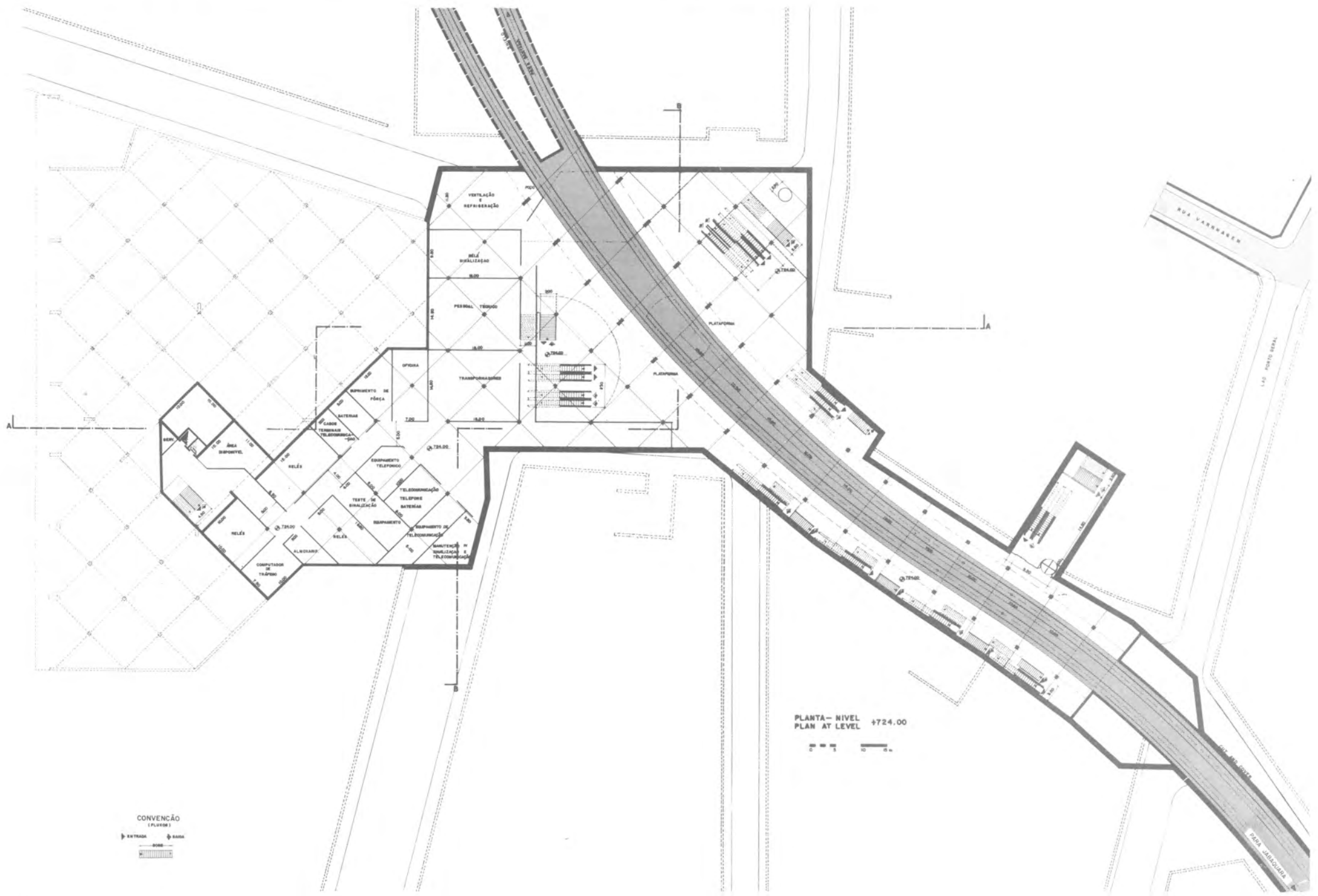
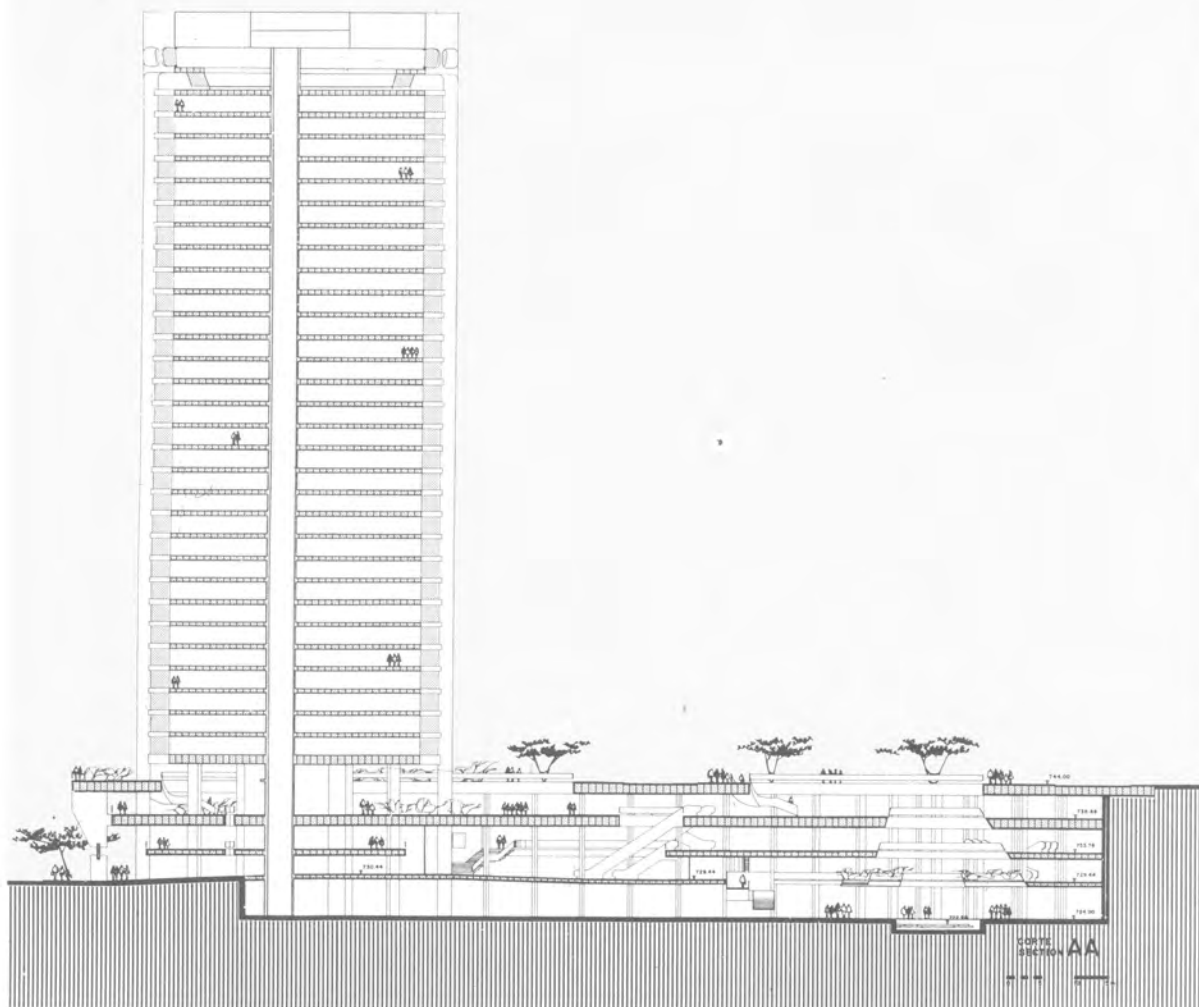




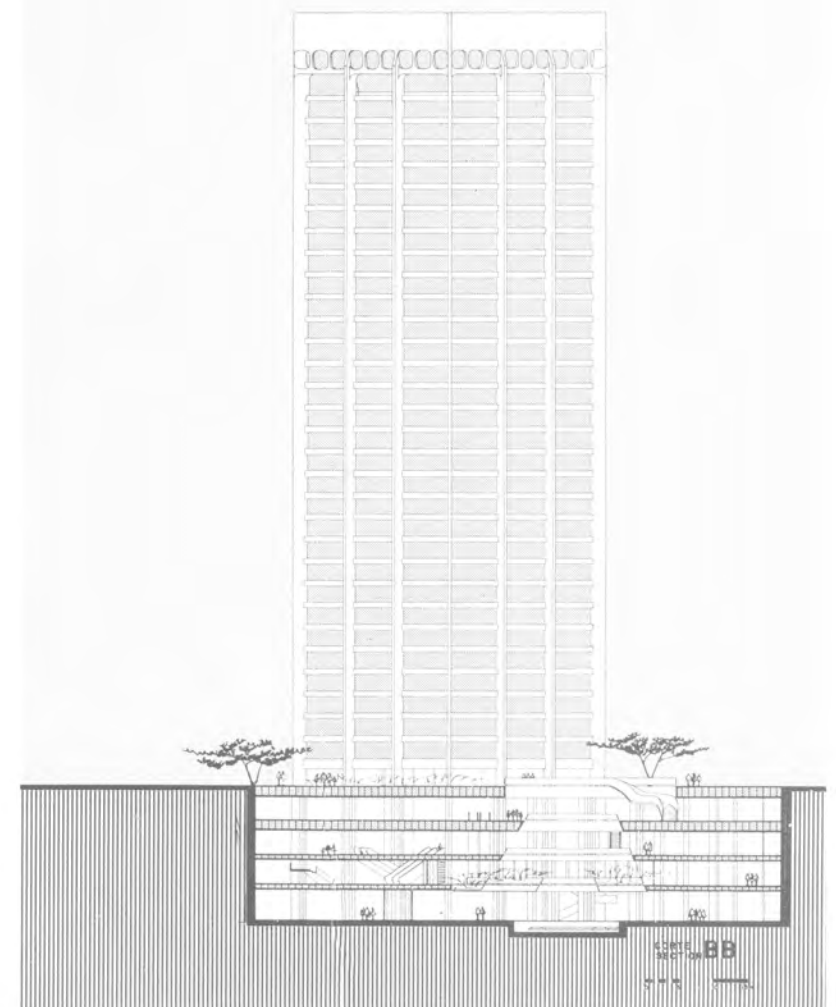
Fig. 31.33  
Estação São Bento. Cortes I e II



31.32



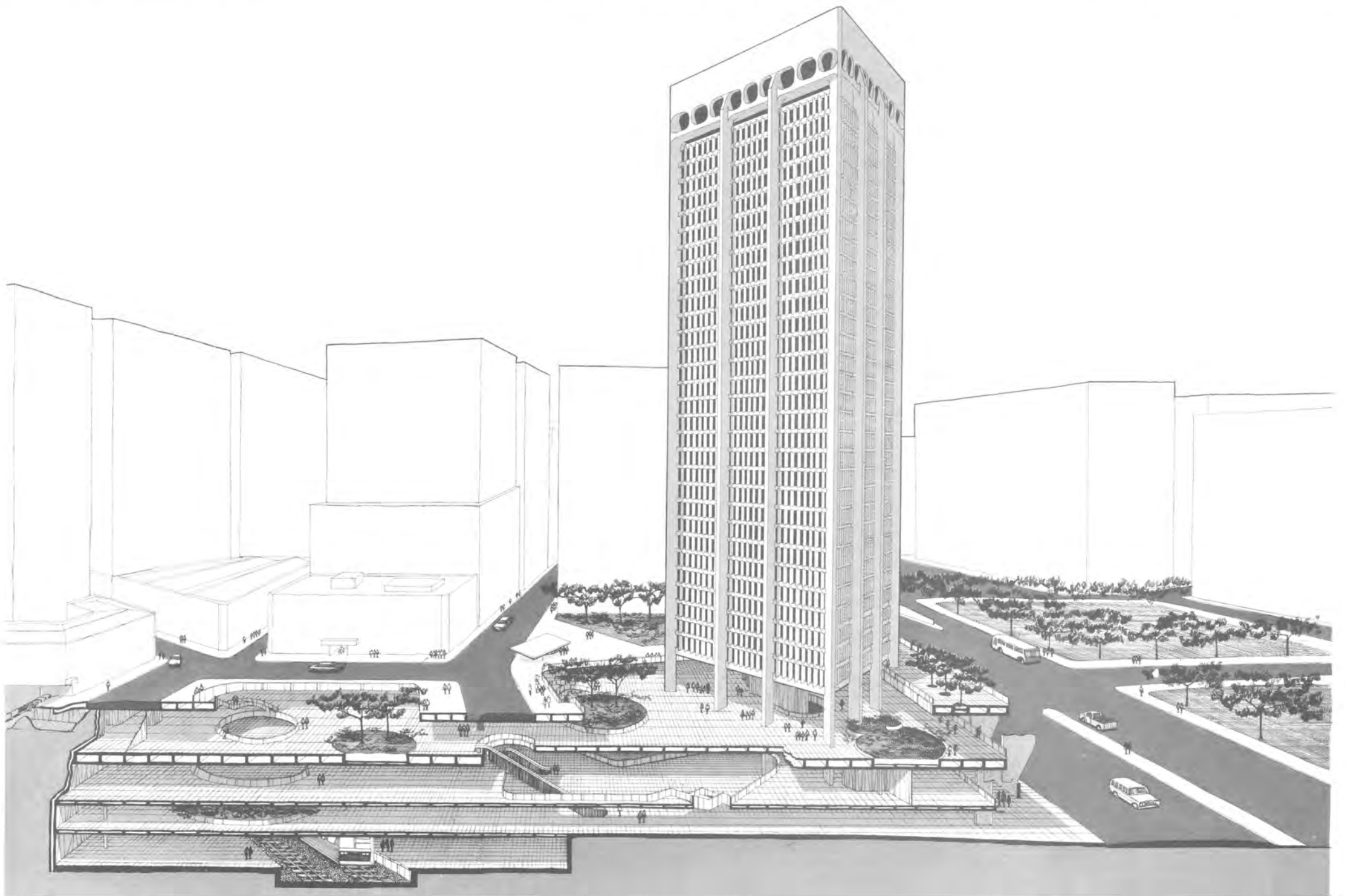
31.33.1



31.33.11

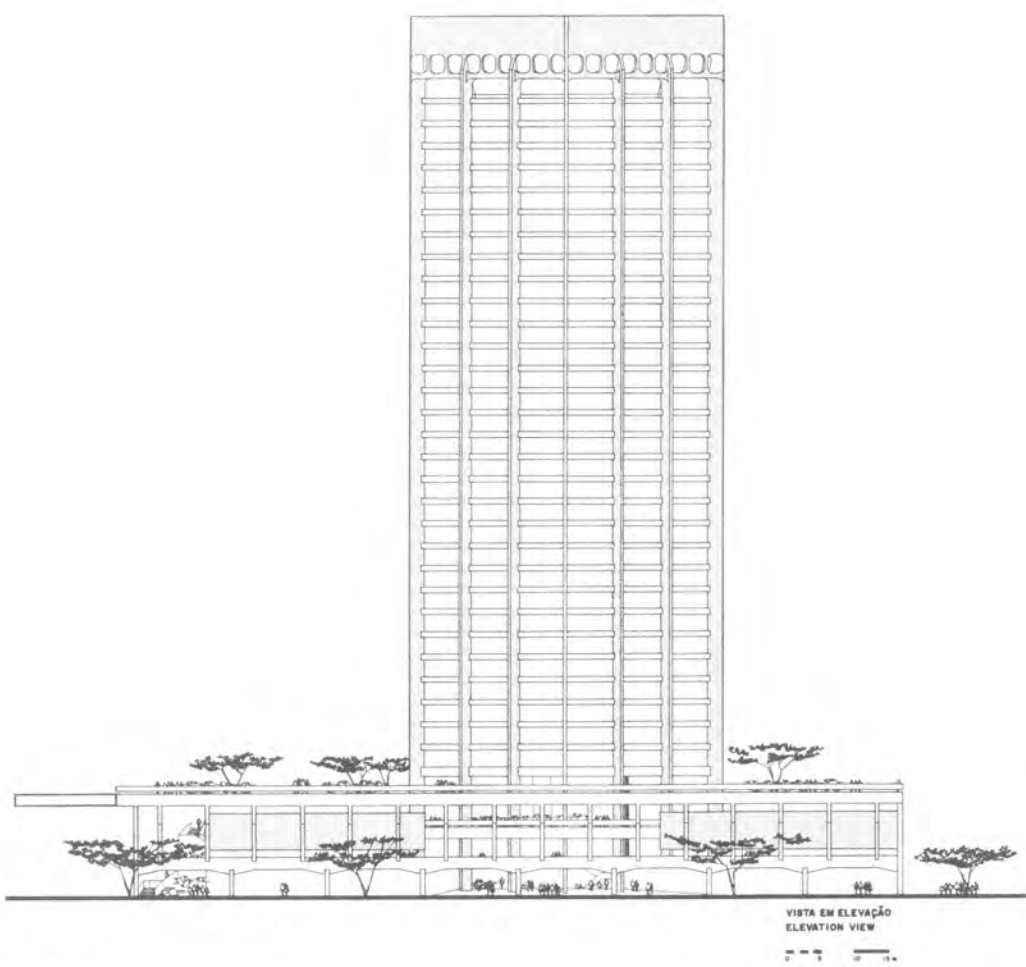


Fig. 31.34  
Estação São Bento. Corte geral em perspectiva



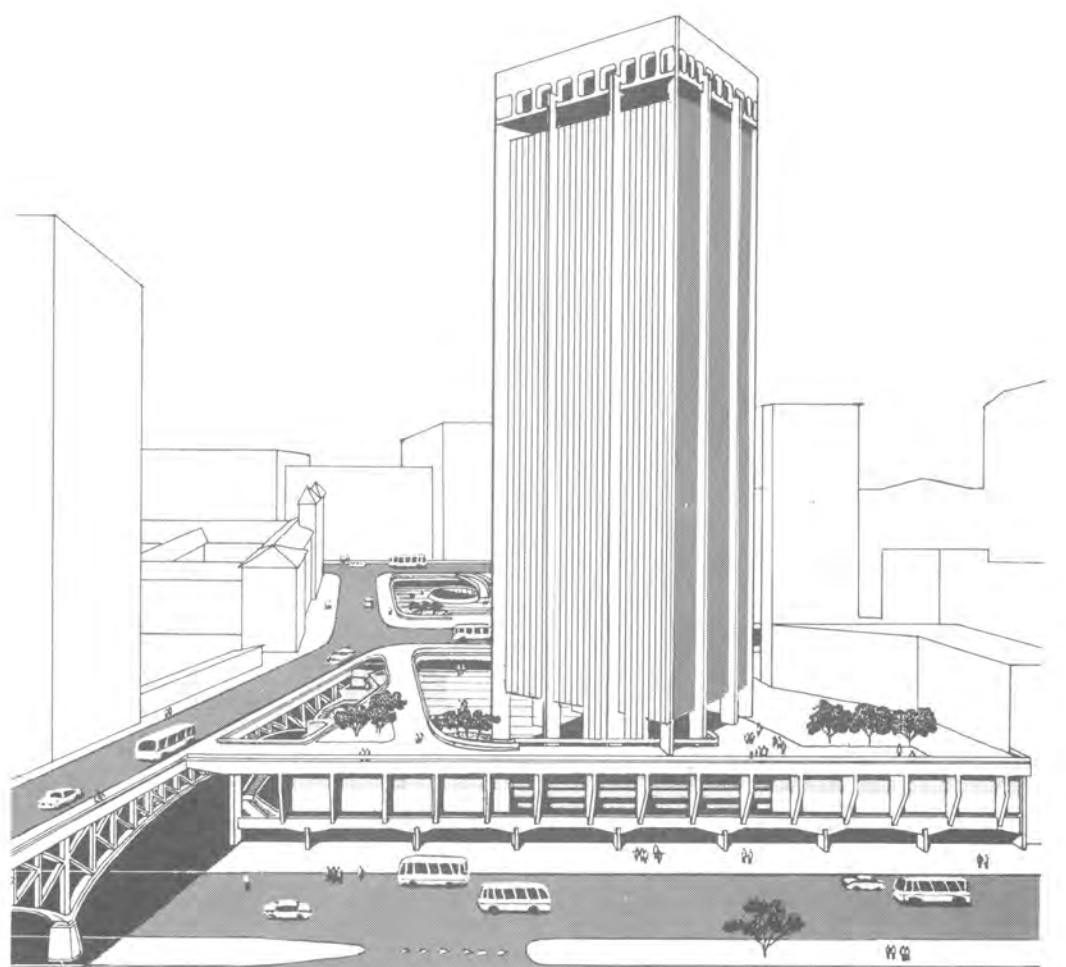
31.34

Fig. 31.35  
Estação São Bento. Vista em elevação



31.35

Fig. 31.36  
Estação São Bento. Perspectiva



31.36

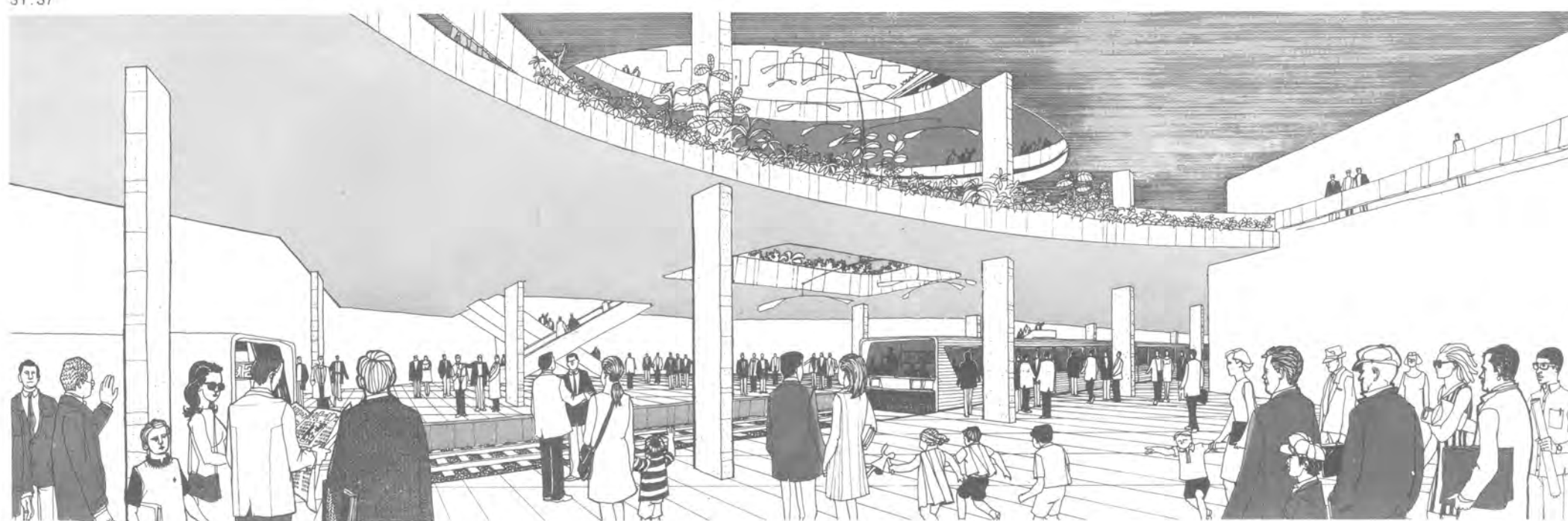


Fig. 31.37  
Estação São Bento. Perspectiva externa



31.37

Fig. 31.38  
Estação São Bento  
I. Perspectiva interna  
II. Entrada típica de estação interna



31.38. I



31.38. II



Fig. 31.39  
Estação Clóvis Bevilácqua. Planta de situação

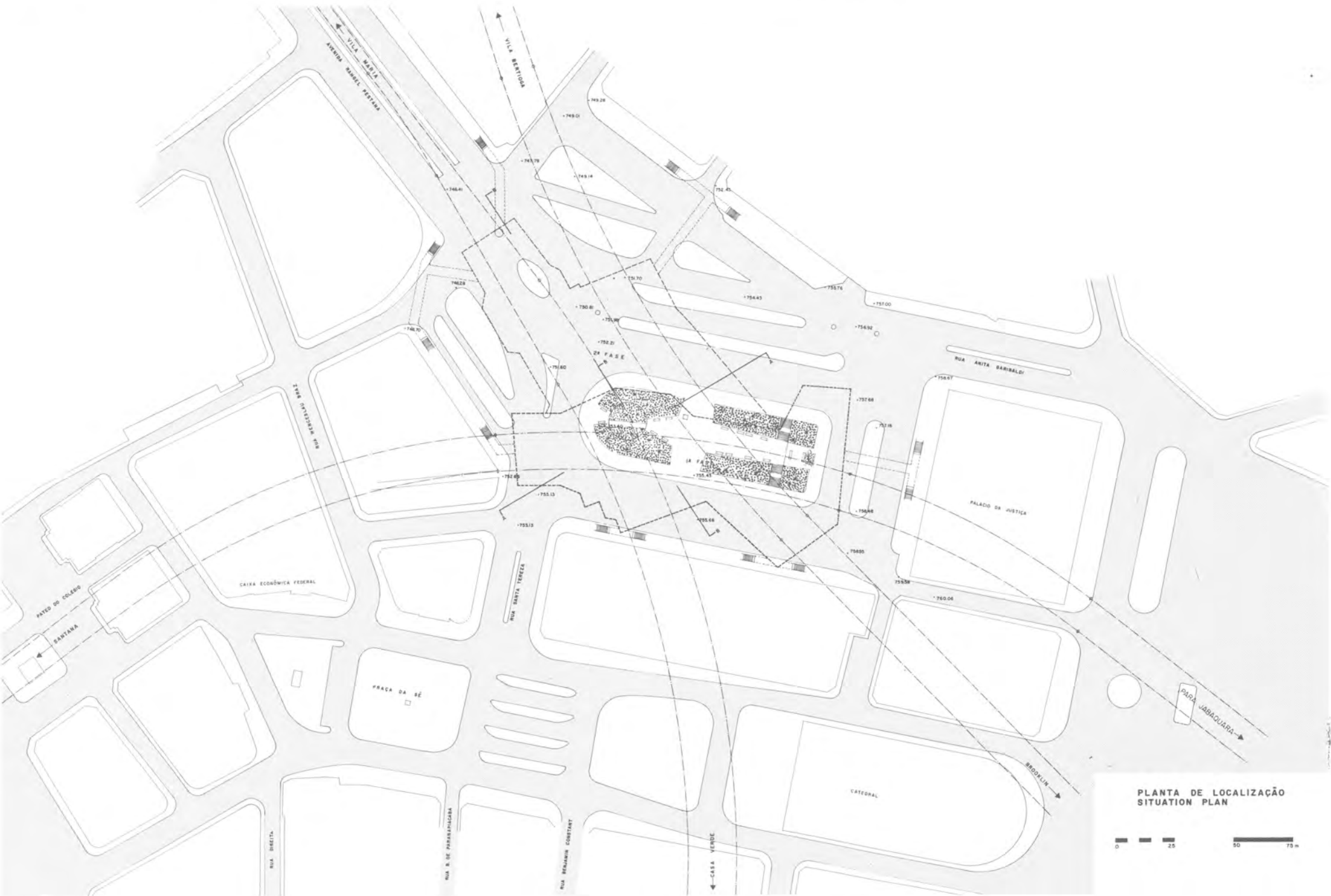
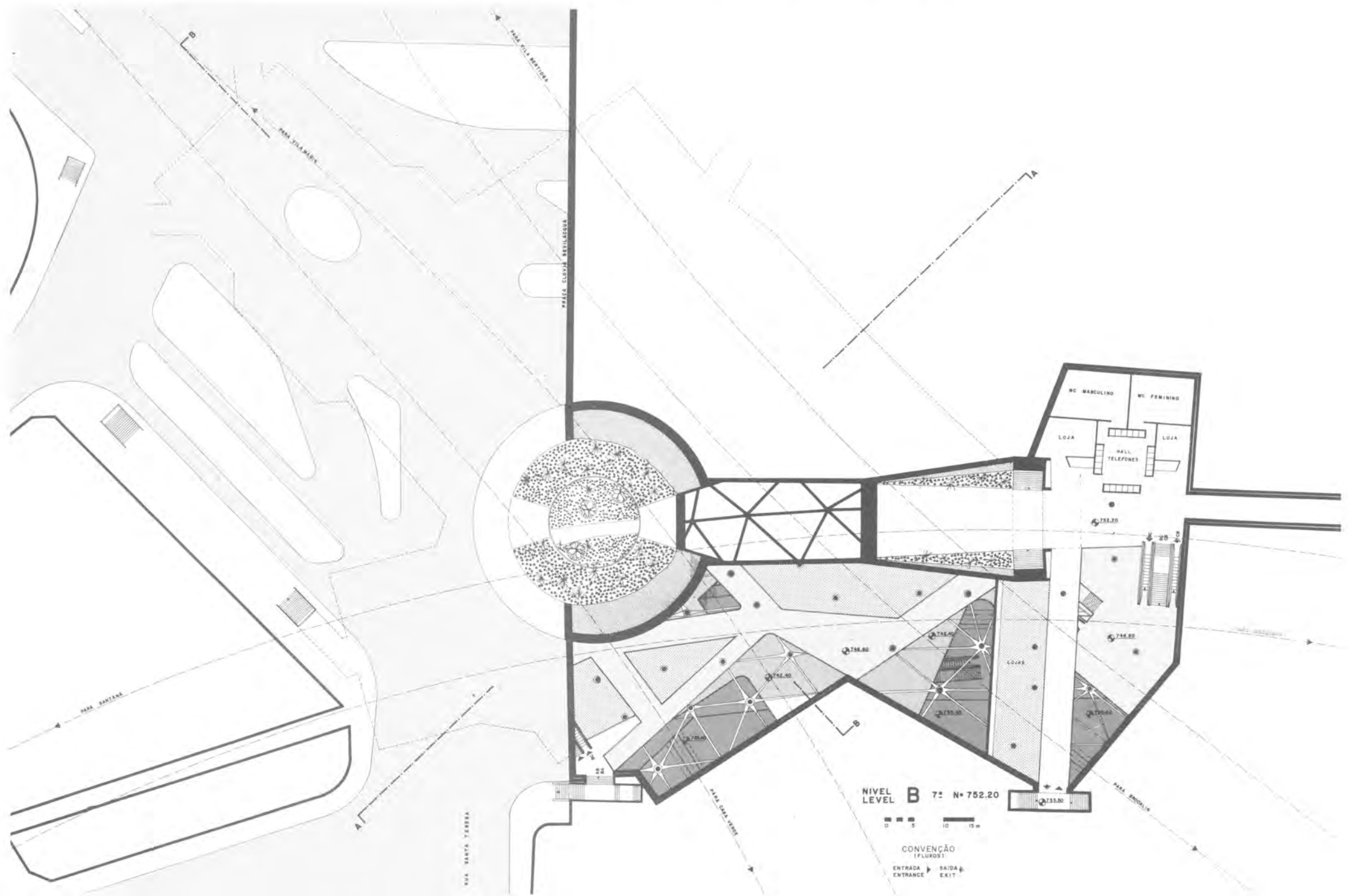




Fig. 31.41  
Estação Clóvis Beviláqua. Planta ao  
nível 752,20



31.41

Fig. 31.42  
Estação Clóvis Beviláqua. Planta ao  
nível 746,60



31.42



Fig. 31.43  
Estação Clóvis Bevilácqua. Planta ao  
nível 742,44



31.43

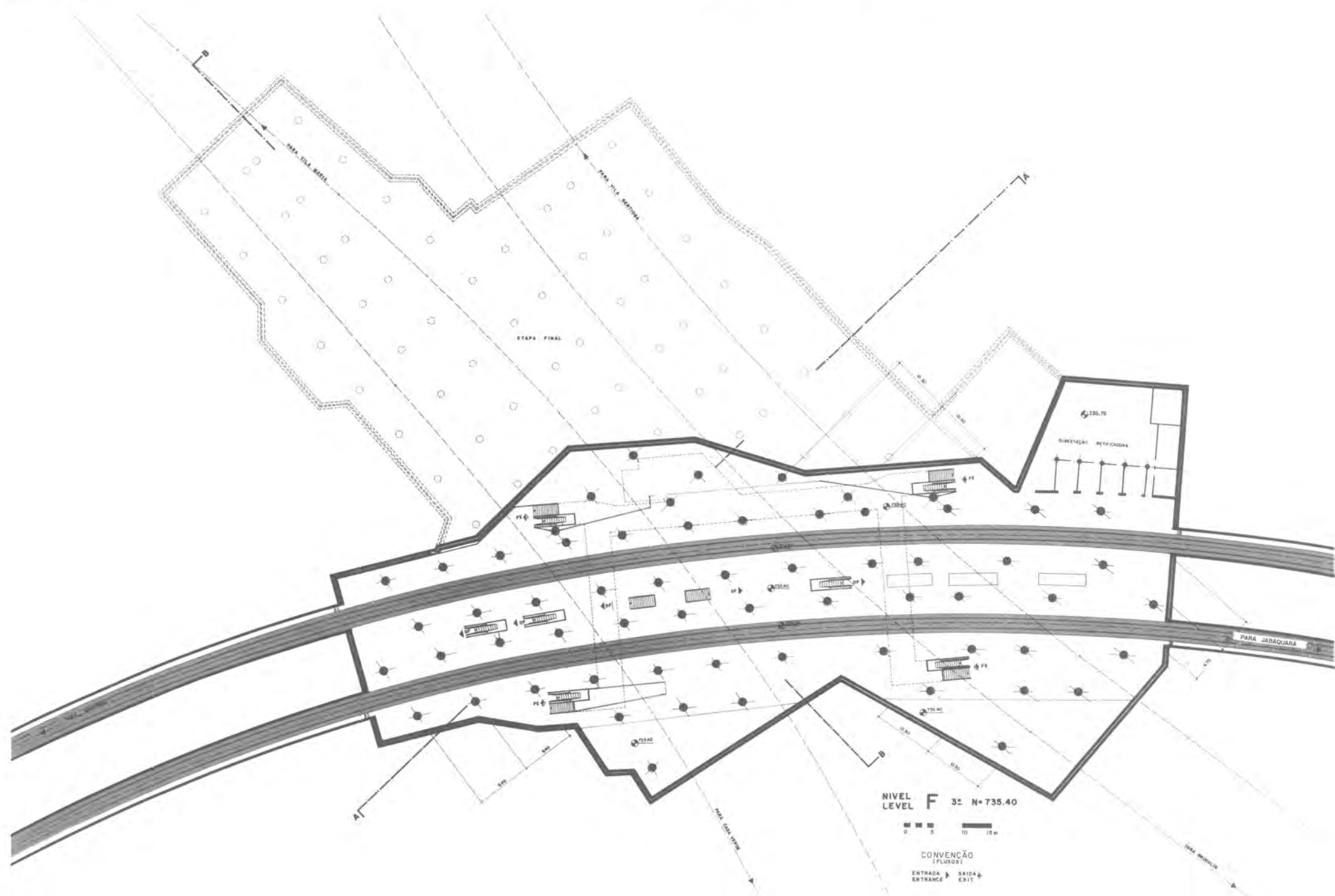
Fig. 31.44  
Estação Clóvis Bevilácqua. Planta ao  
nível 738,92



31.44

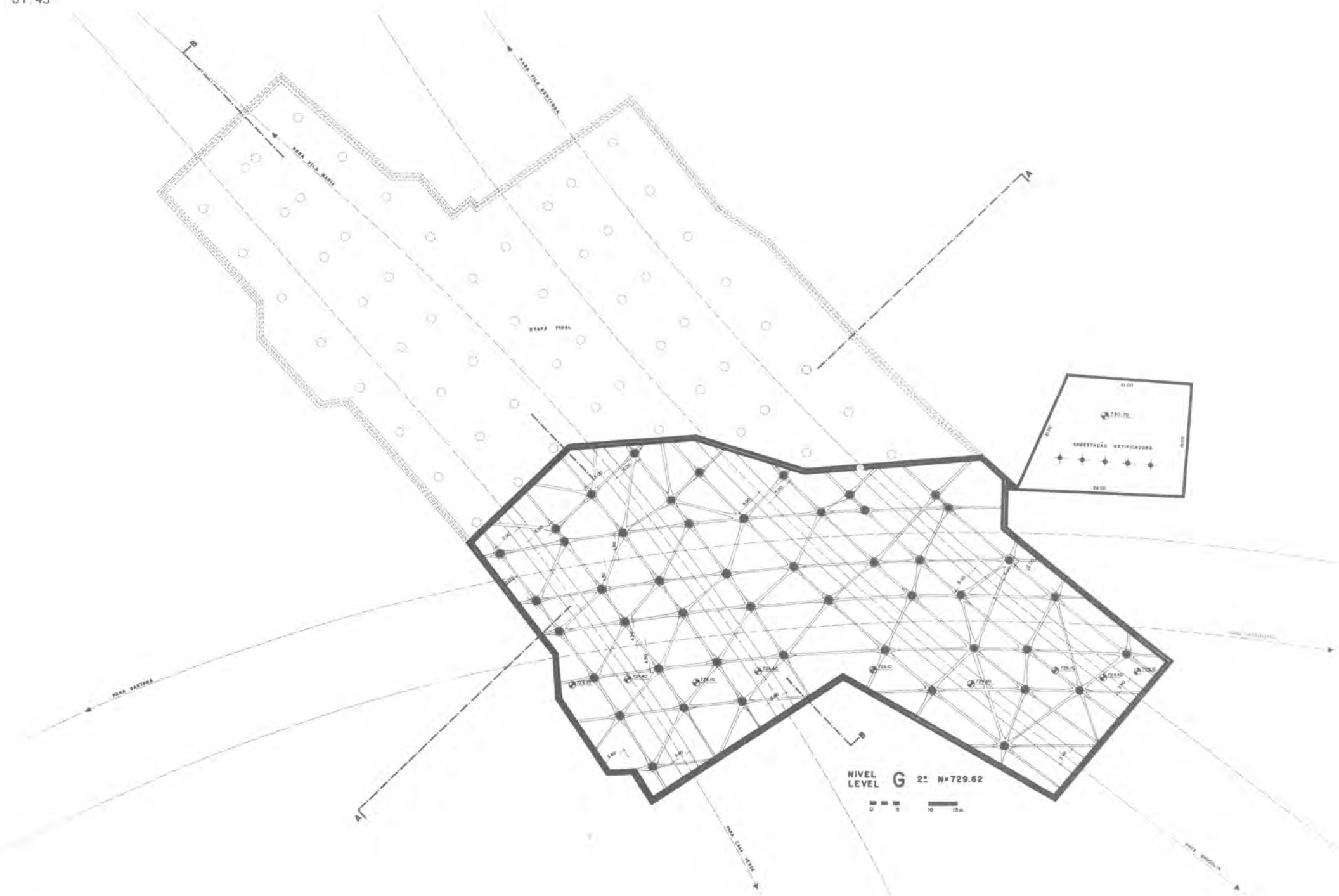


Fig. 31.45  
Estação Clóvis Bevilácqua. Planta ao  
nível 735,40



31.45

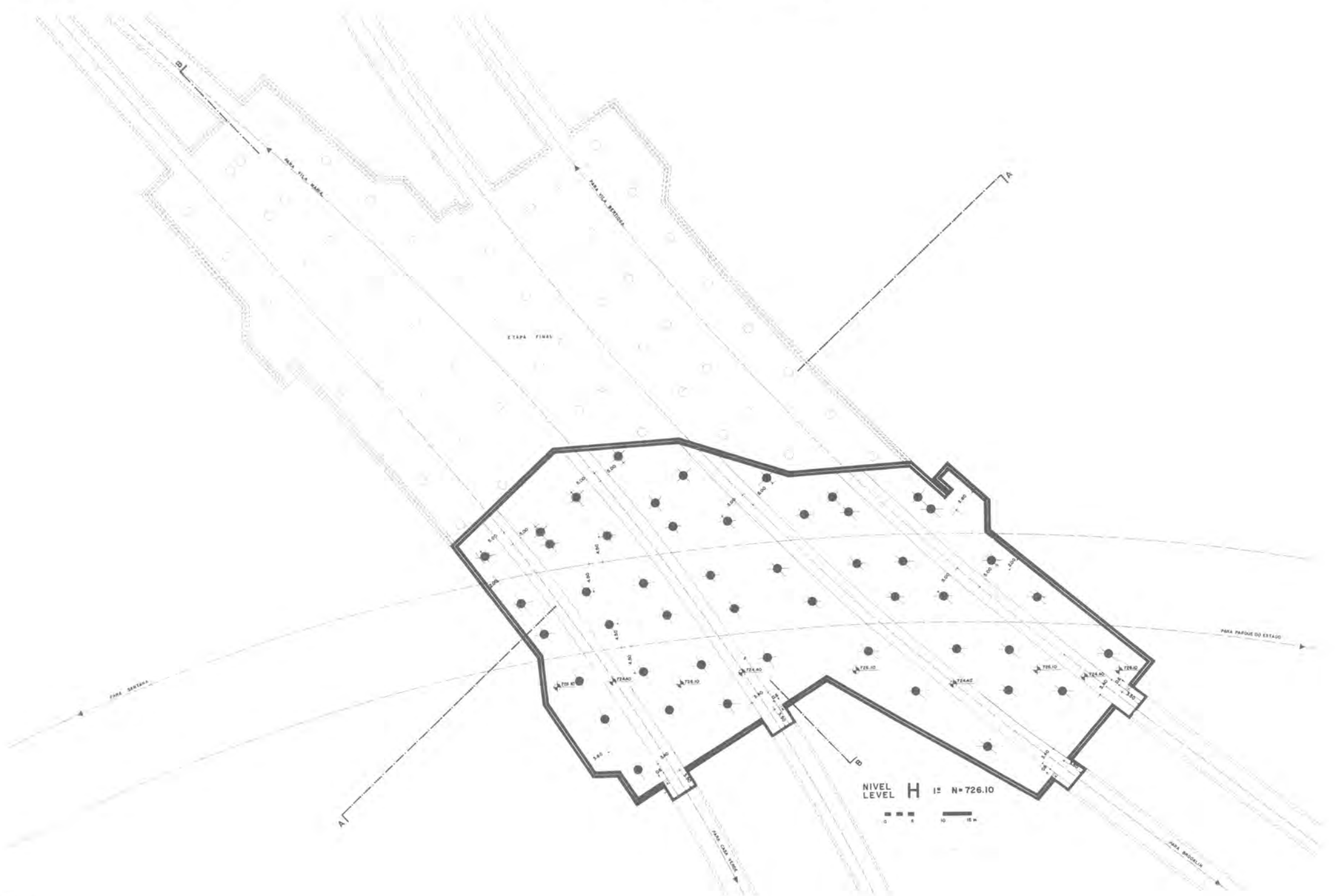
Fig. 31.46  
Estação Clóvis Bevilácqua. Planta ao  
nível 729,62



31.46

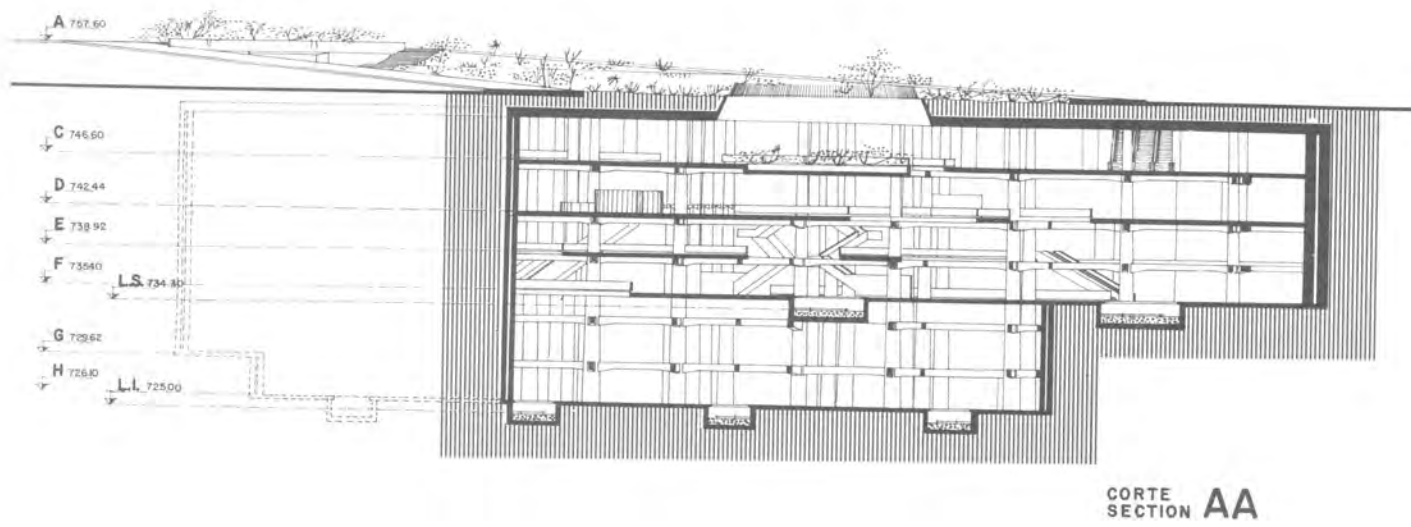


Fig. 31.47  
Estação Clóvis Beviláqua. Planta ao  
nível 726,10

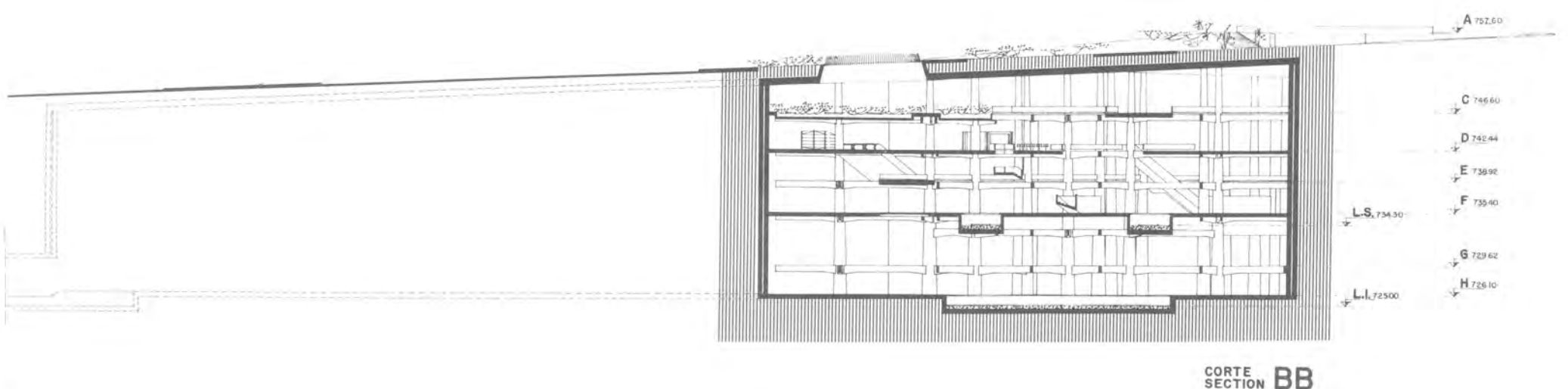


31.47

Fig. 31.48  
Estação Clóvis Beviláqua. Cortes



CORTE SECTION AA



CORTE SECTION BB

31.48

0 5 10 15 m







Fig. 31.50  
Estação Liberdade. Nível de comunicação  
dos acessos externos; planta do hall  
de distribuição

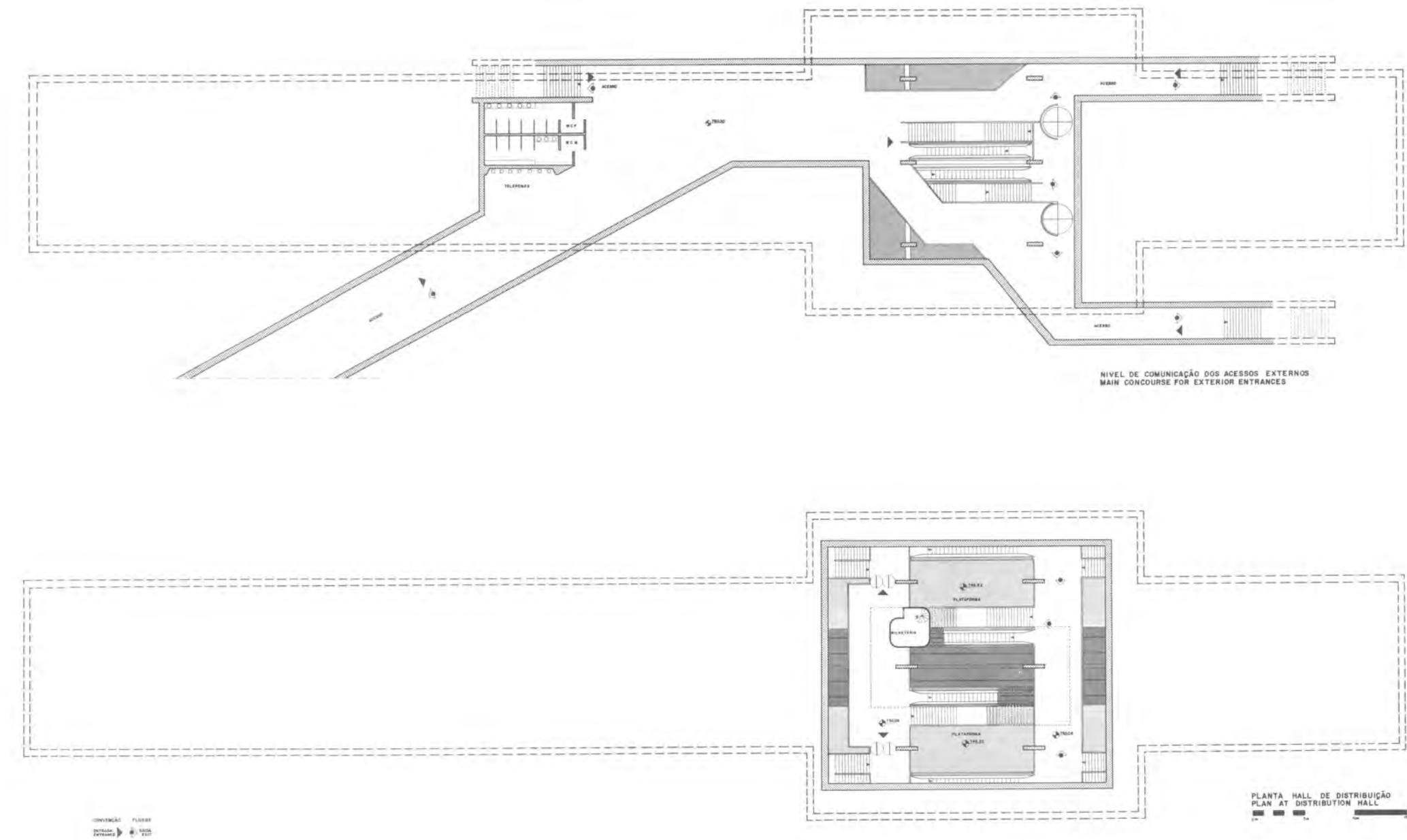


Fig. 31.51  
Estação Liberdade. Cortes e planta ao  
nível da plataforma

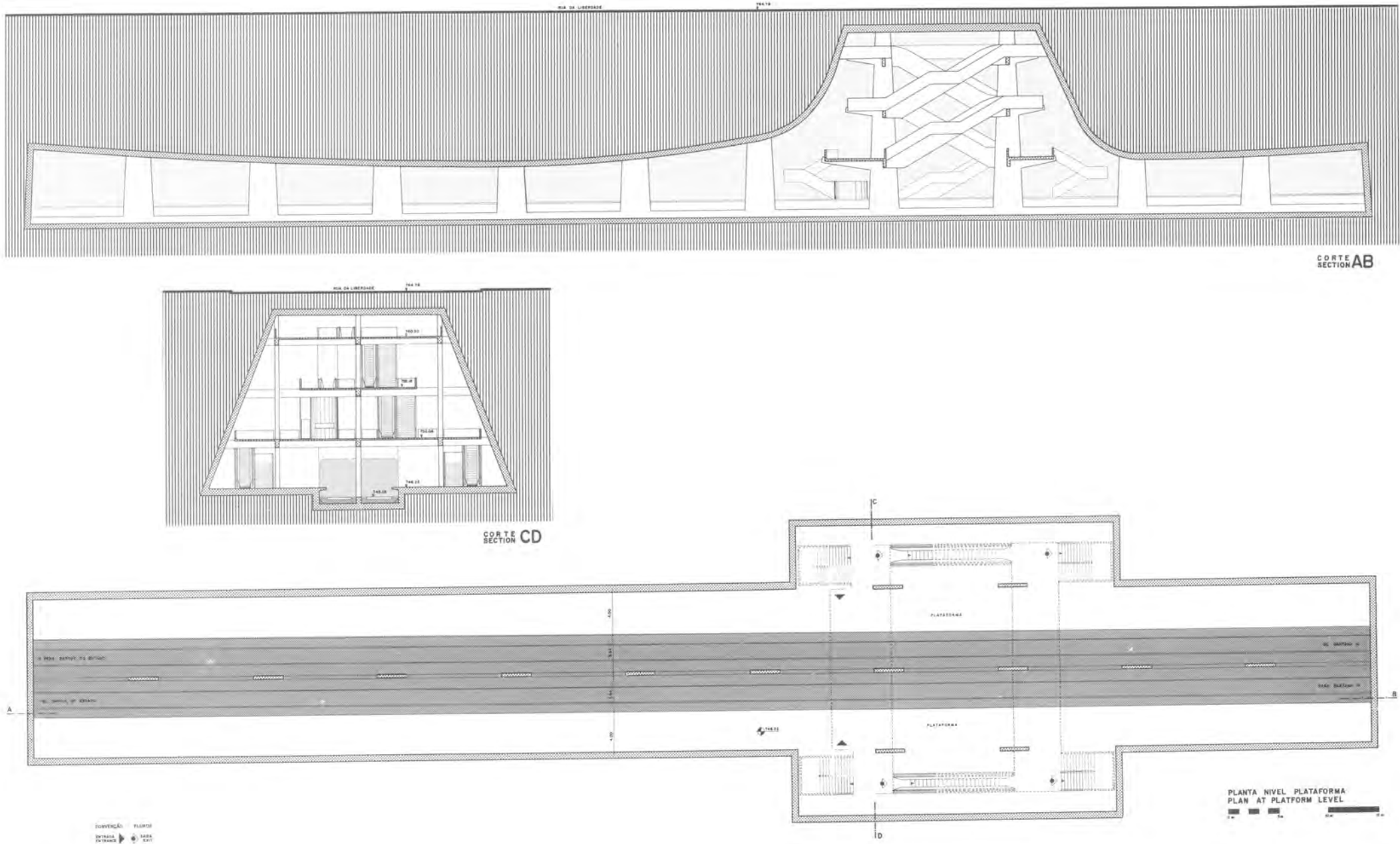
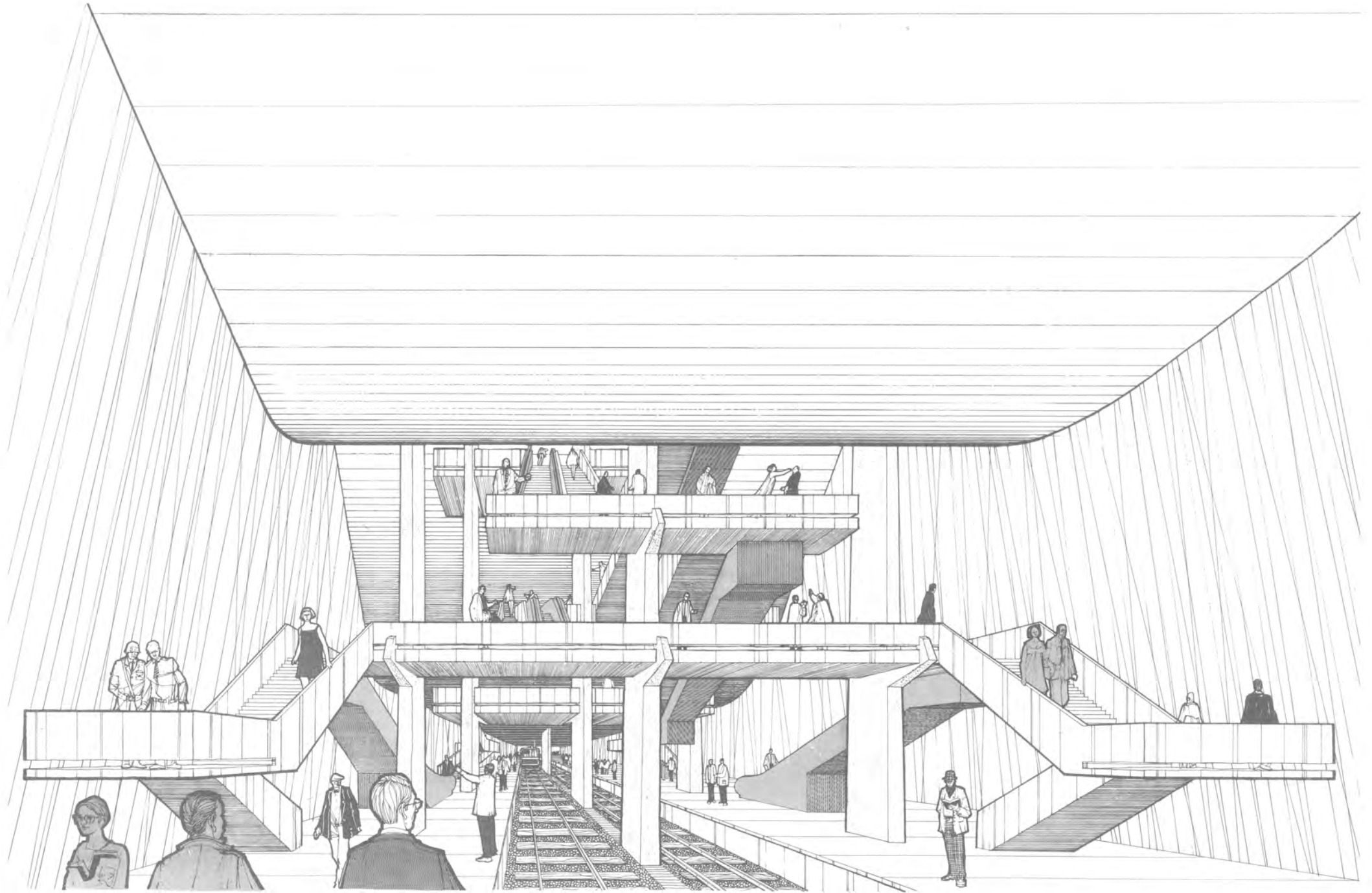


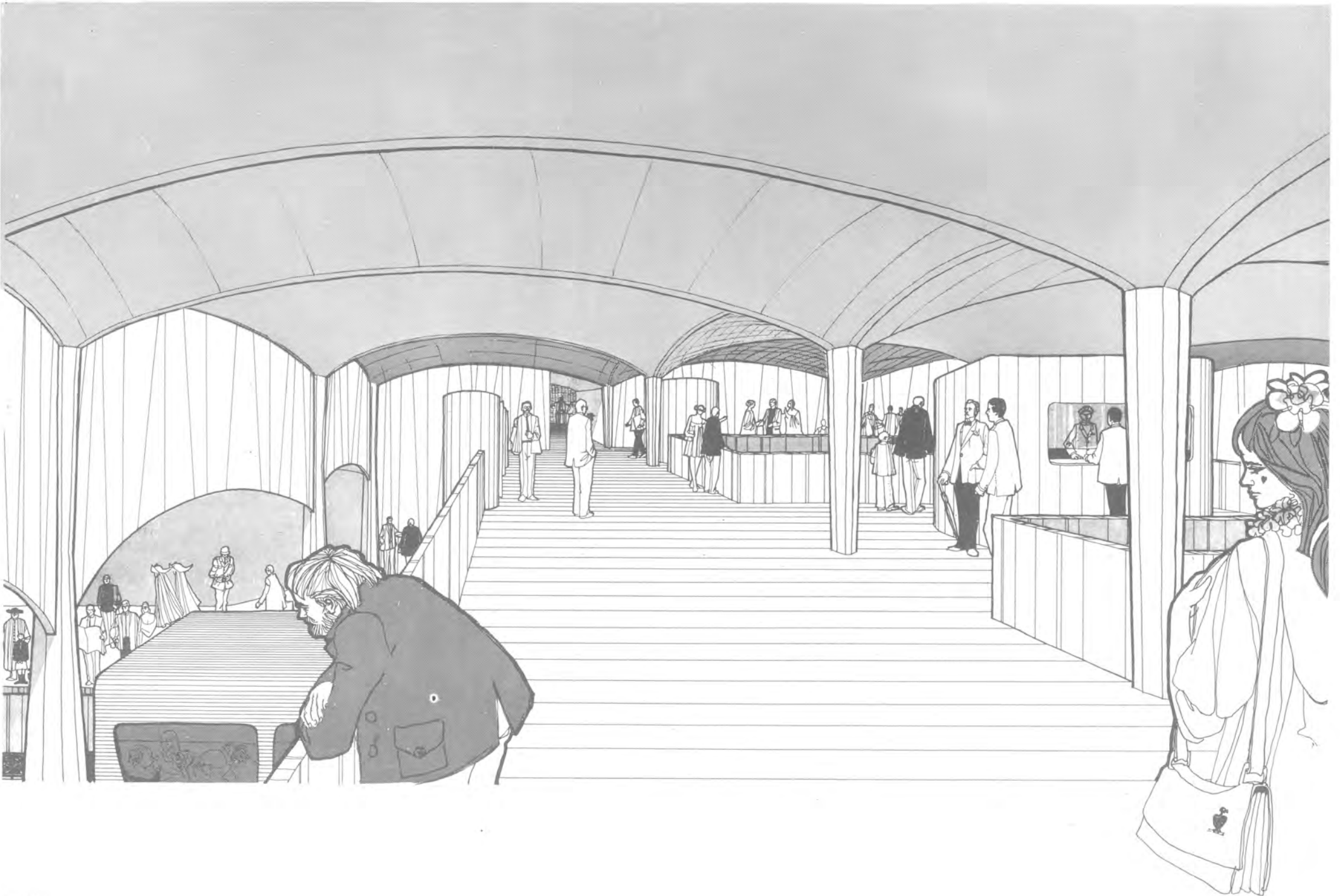


Fig. 31.52  
Estação Liberdade. Perspectiva



31.52

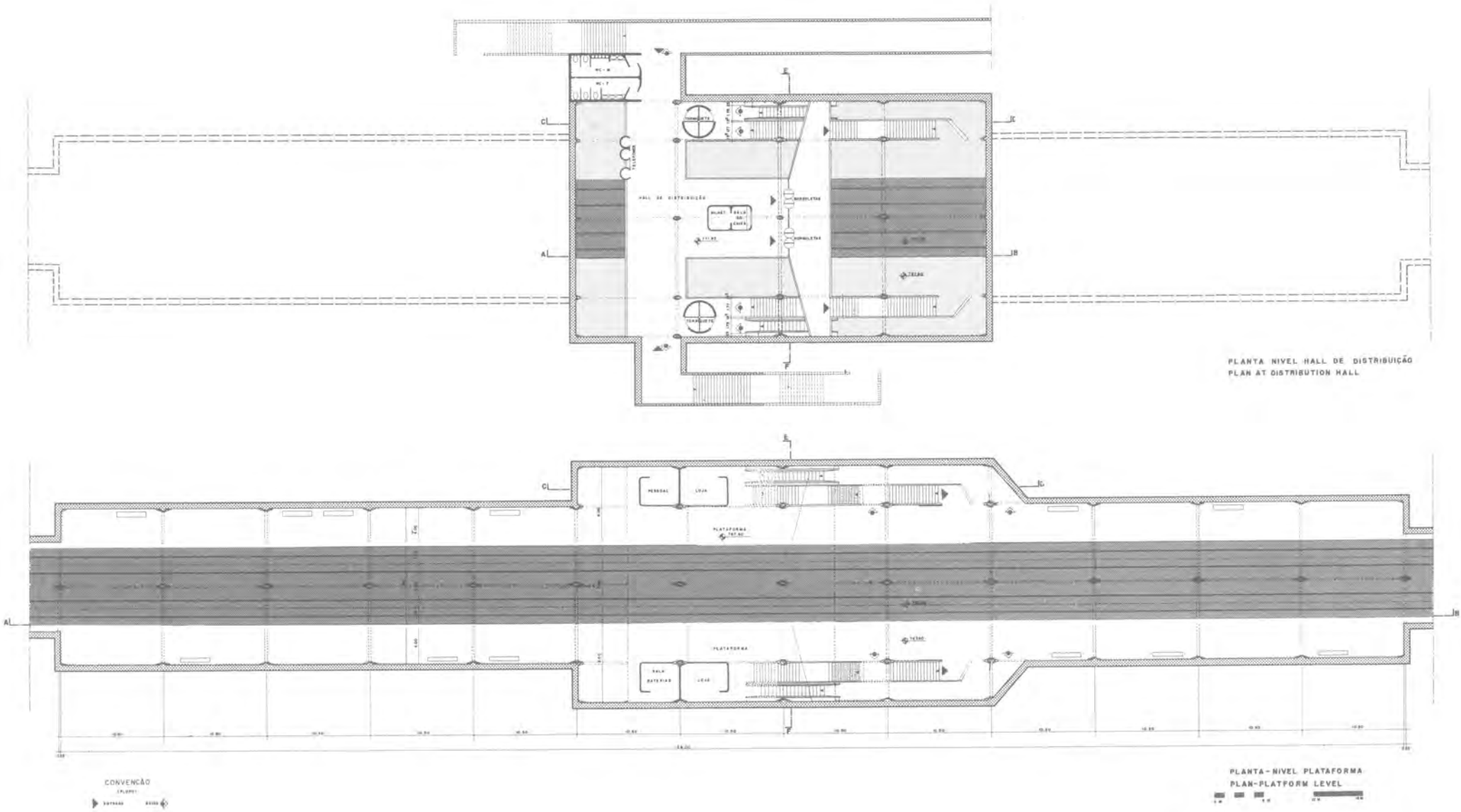
Fig. 31.53  
Estação São Joaquim. Perspectiva



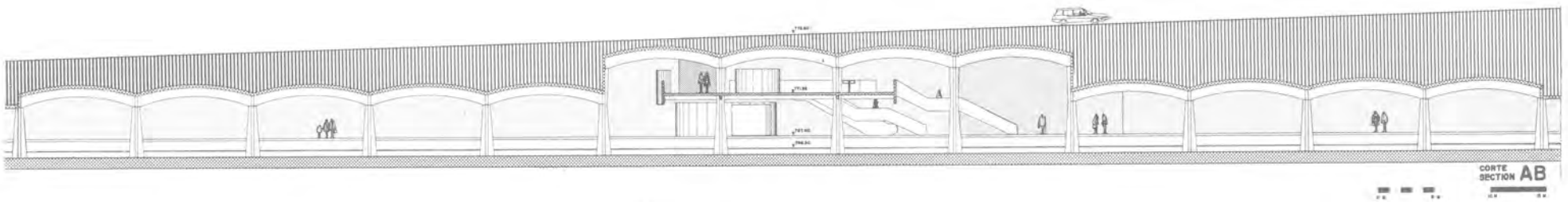
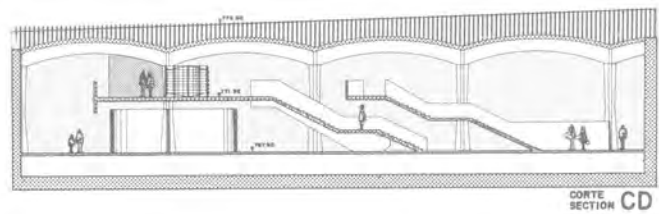
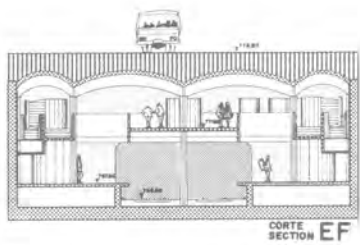
31.53



Fig. 31.54  
Estação São Joaquim. Planta ao nível do  
hall de distribuição; planta ao nível  
da plataforma



31 54

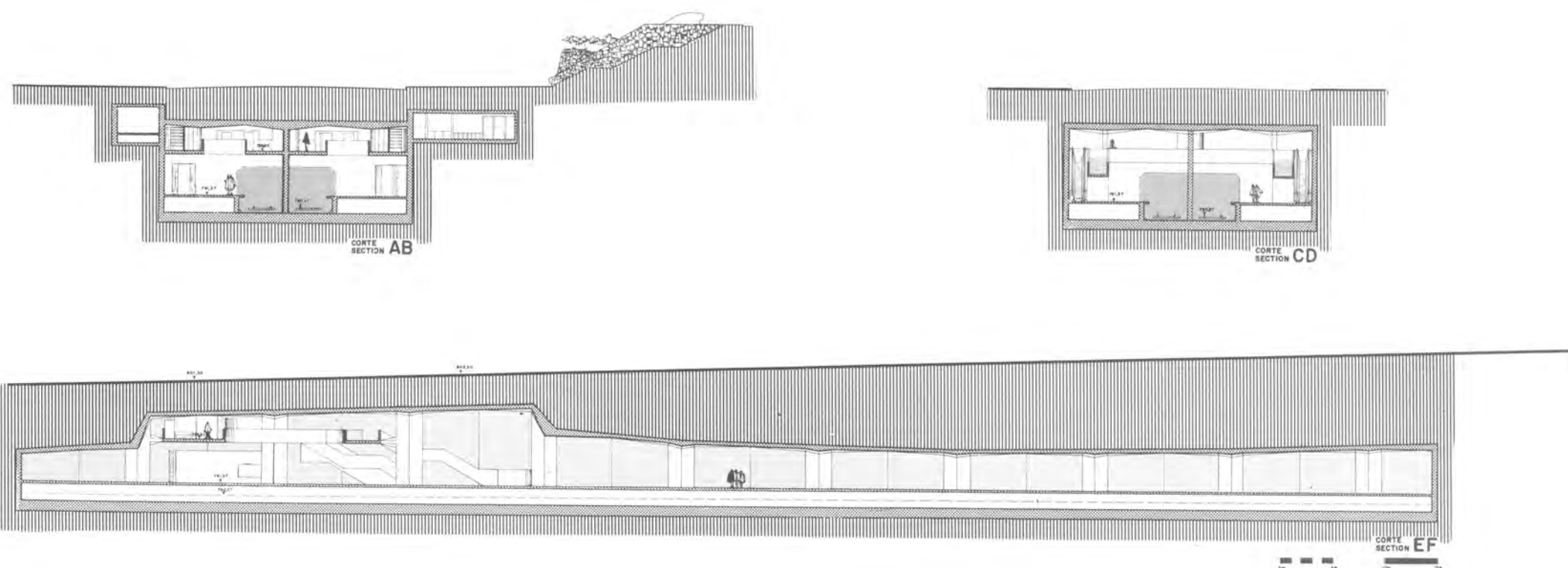


31 55



[illegible]

31.56

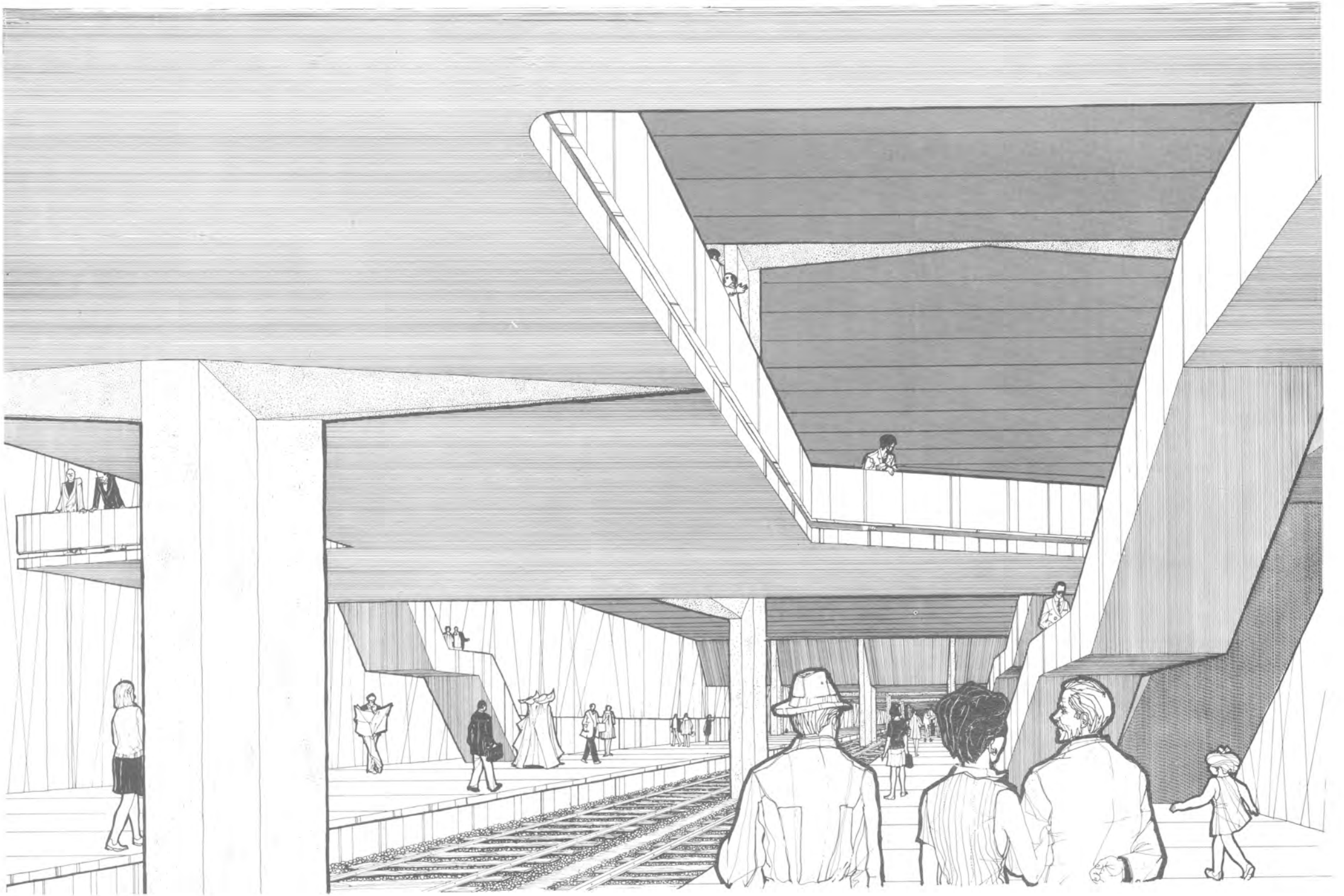


31.57

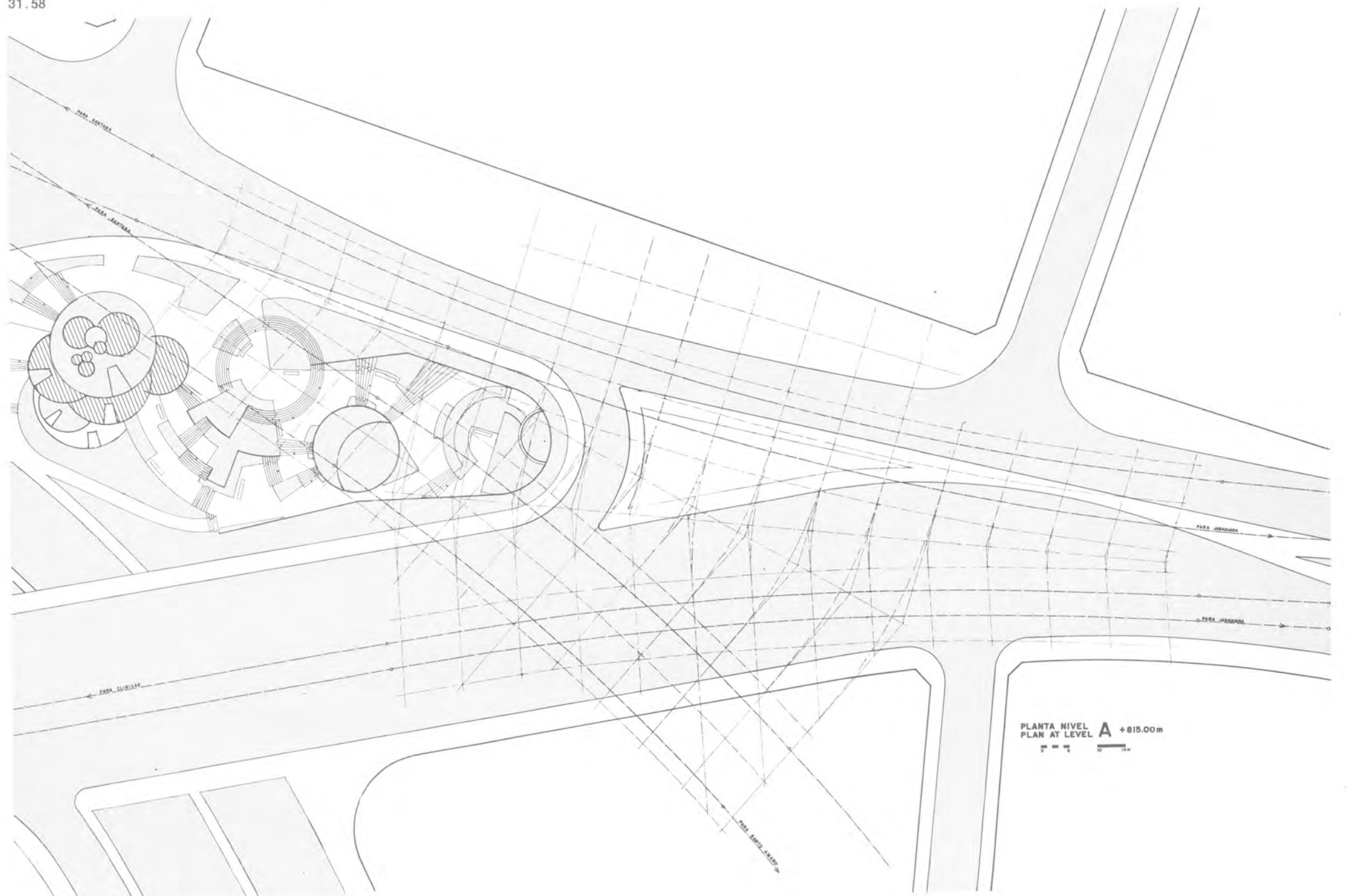


Fig. 31.58  
Estação Aclimação. Perspectiva

Fig. 31.59  
Estação Paraíso. Planta ao nível da  
praça (+ 815,00)



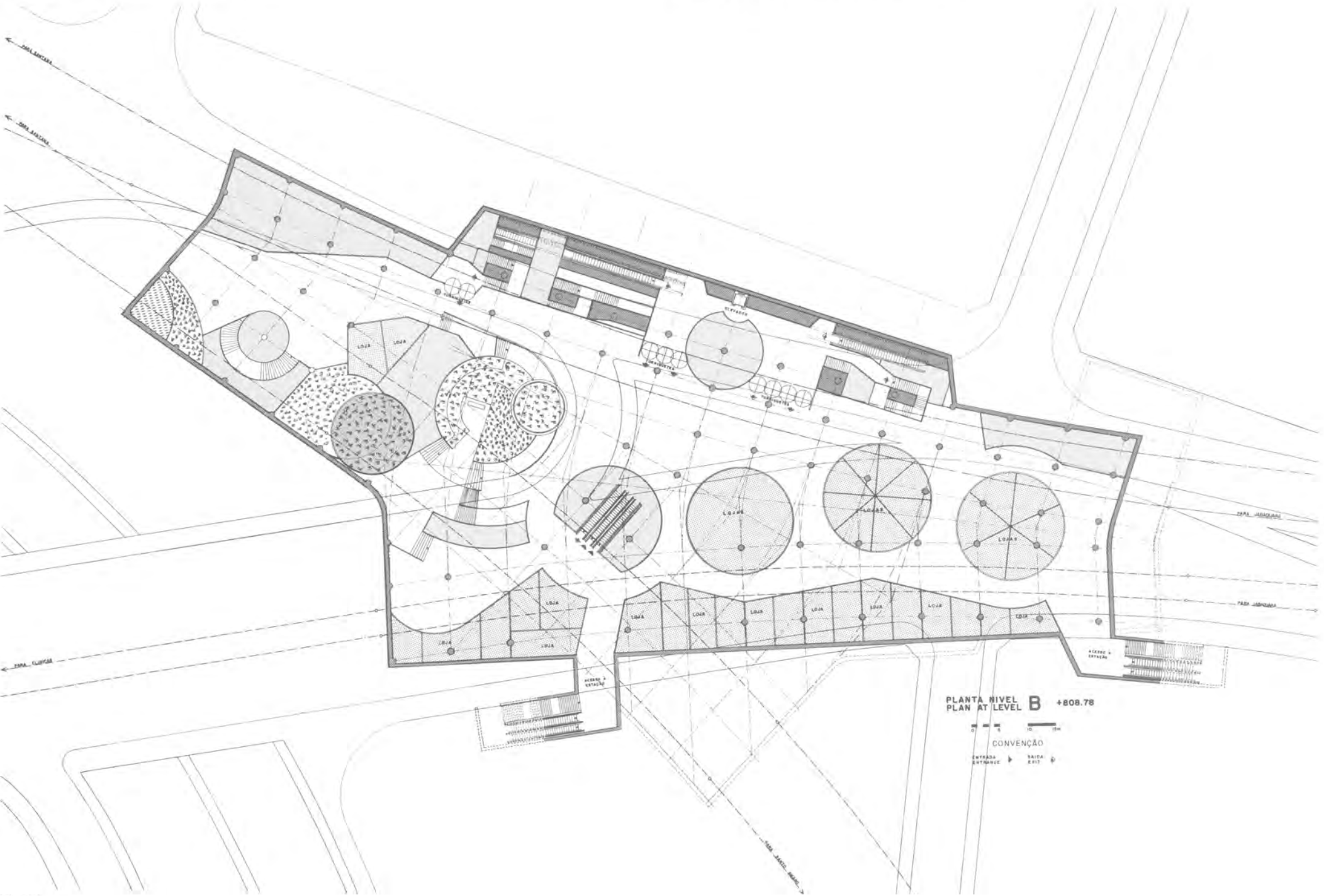
31.58



31.59

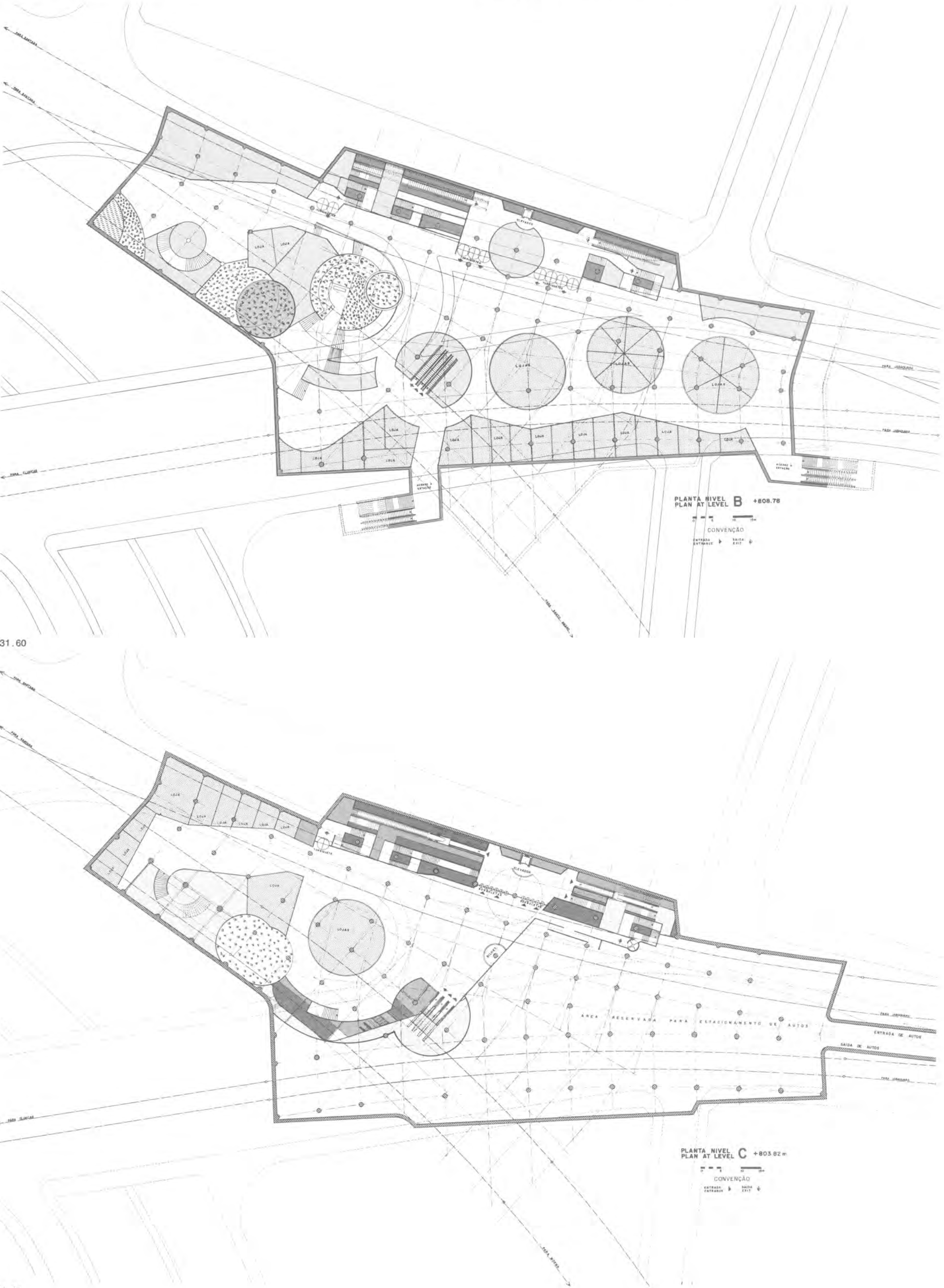


Fig. 31.60  
Estação Paraíso. Planta ao nível + 808,78



31.60

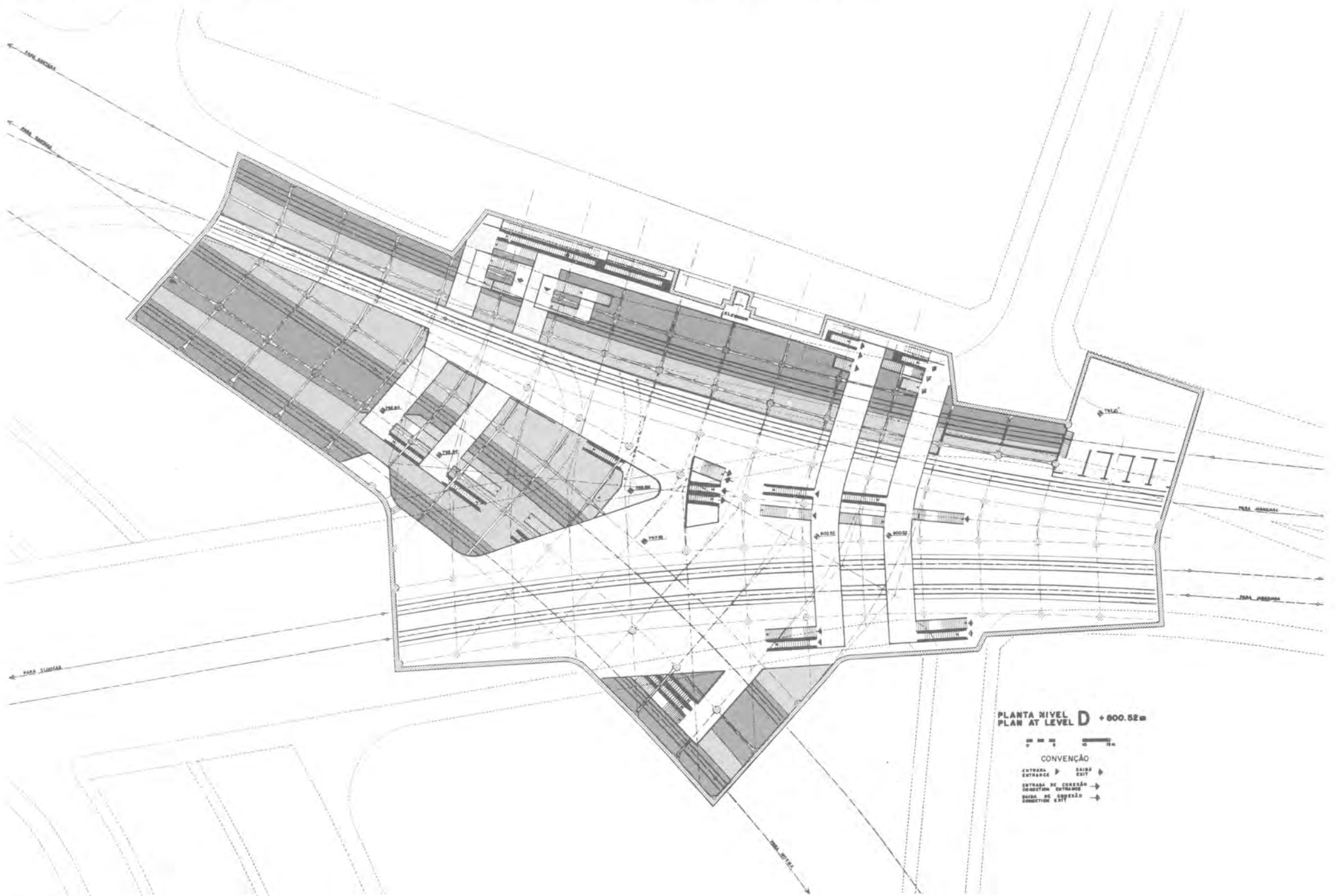
Fig. 31.61  
Estação Paraíso. Planta ao nível + 803,82



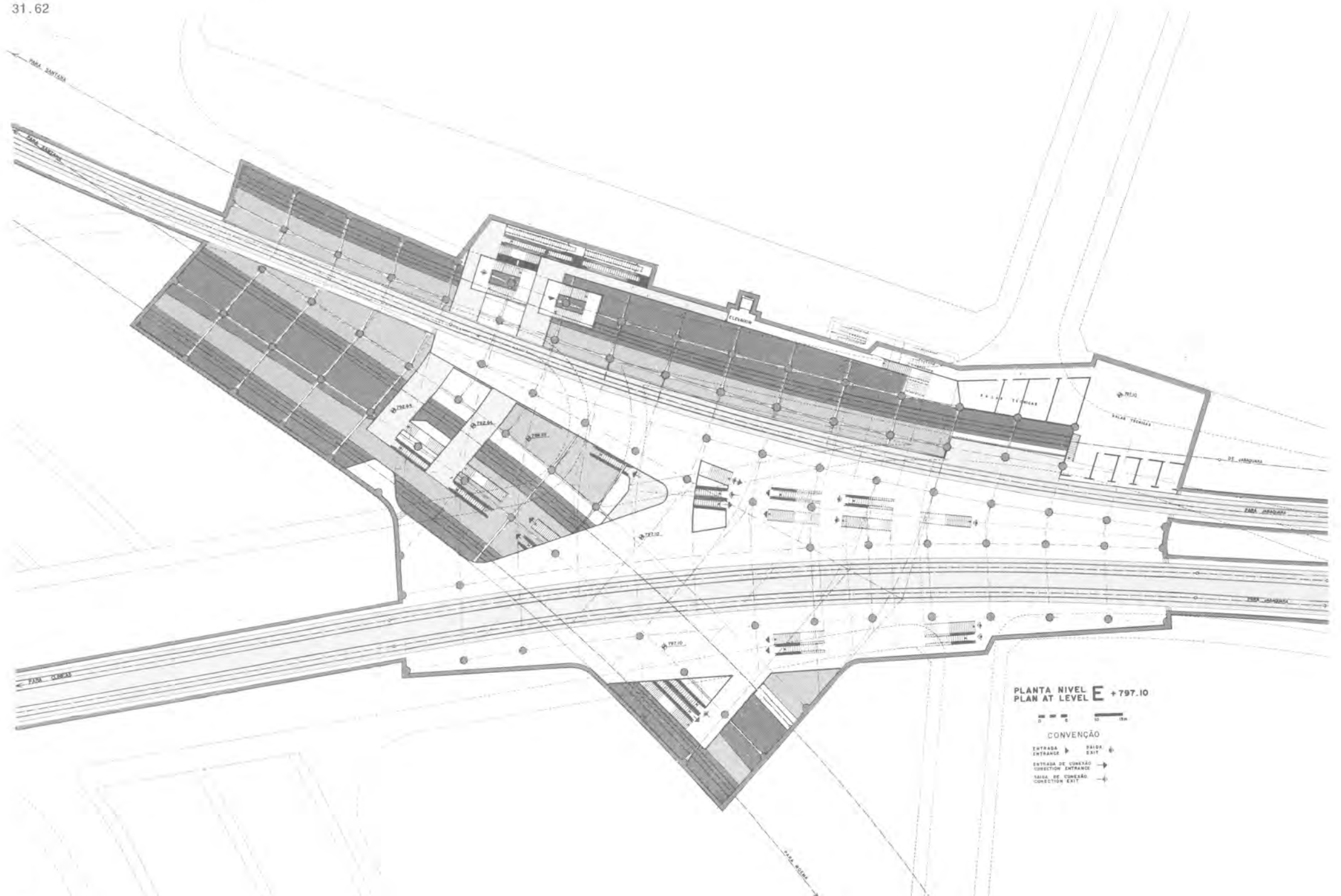
31.61



Fig. 31.62  
Estação Paraíso. Planta ao nível + 800,52



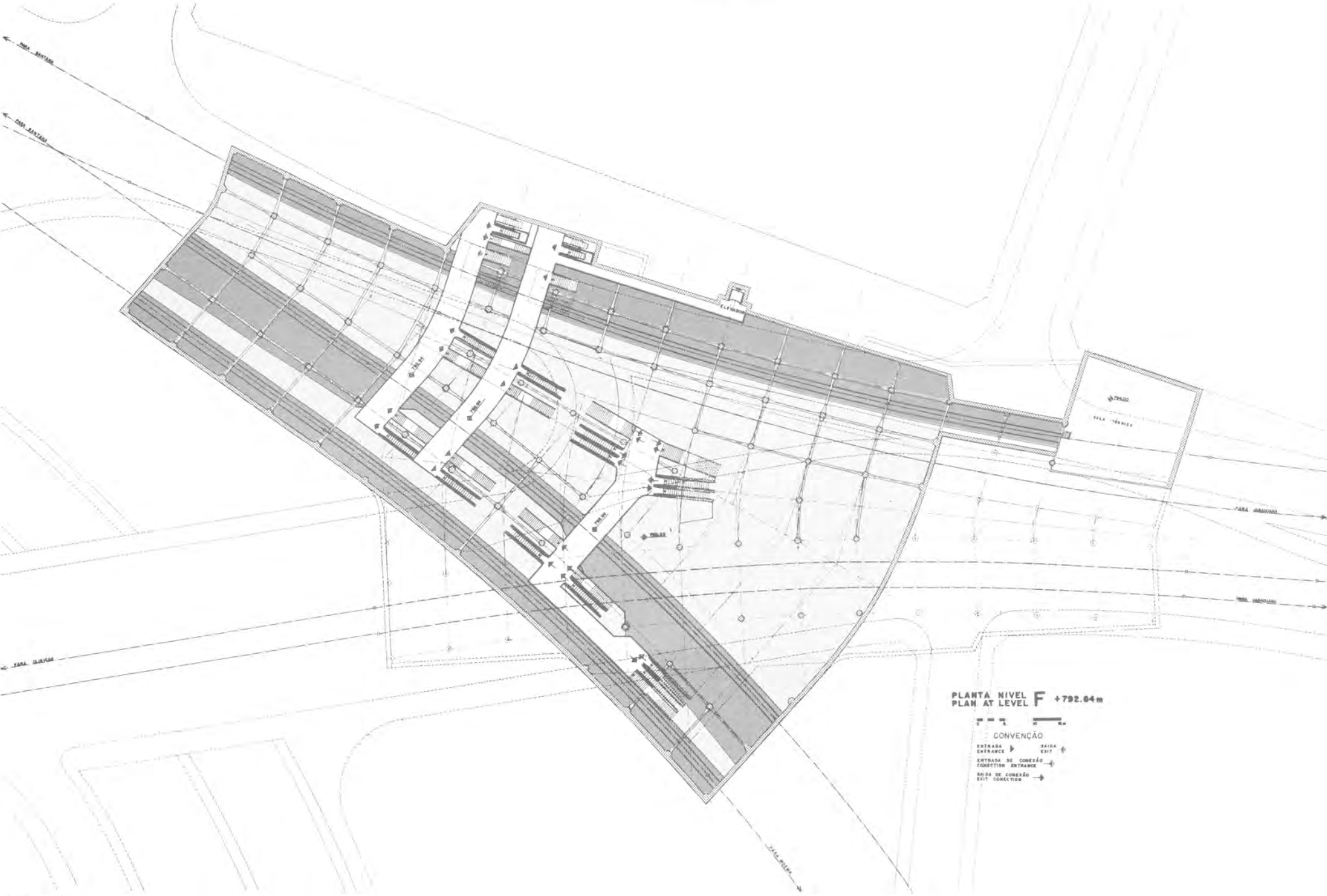
31.62



31.63

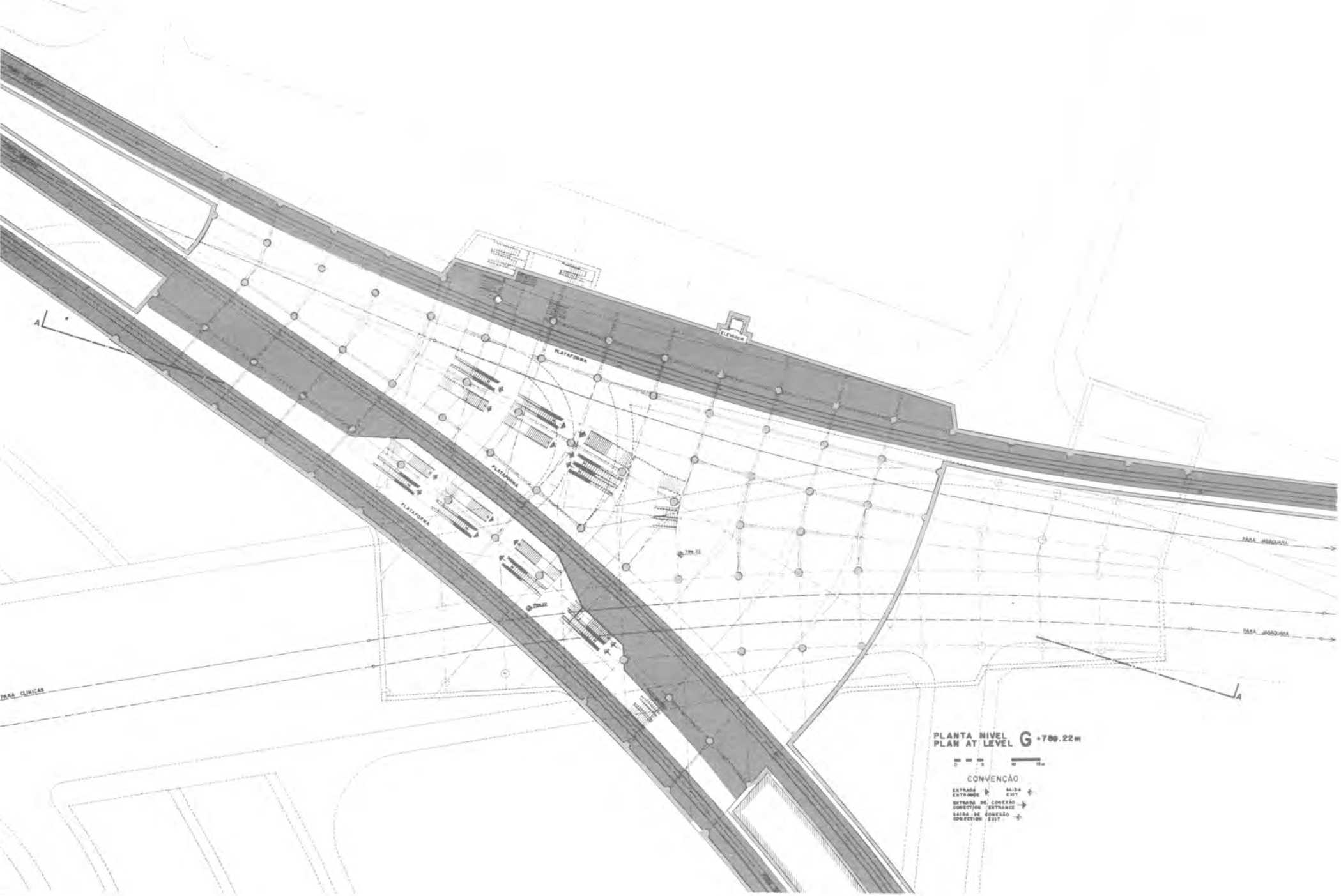


Fig. 31.64  
Estação Paraíso. Planta ao nível + 792,64



31.64

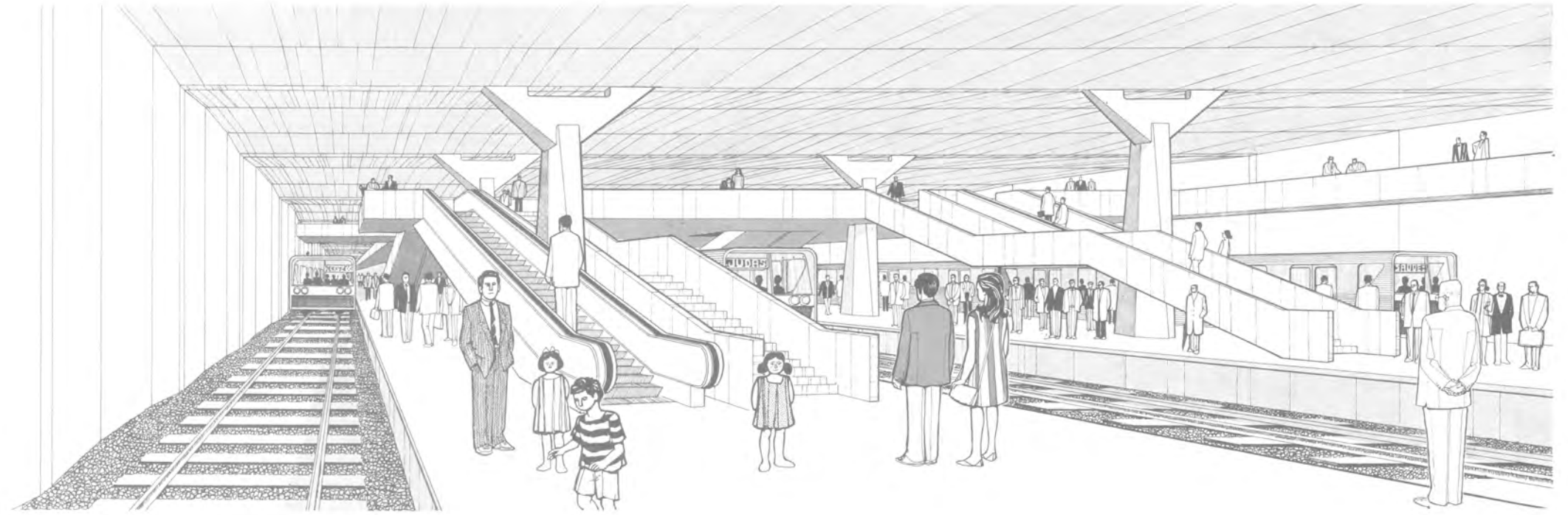
Fig. 31.65  
Estação Paraíso. Planta ao nível + 789,22



31.65

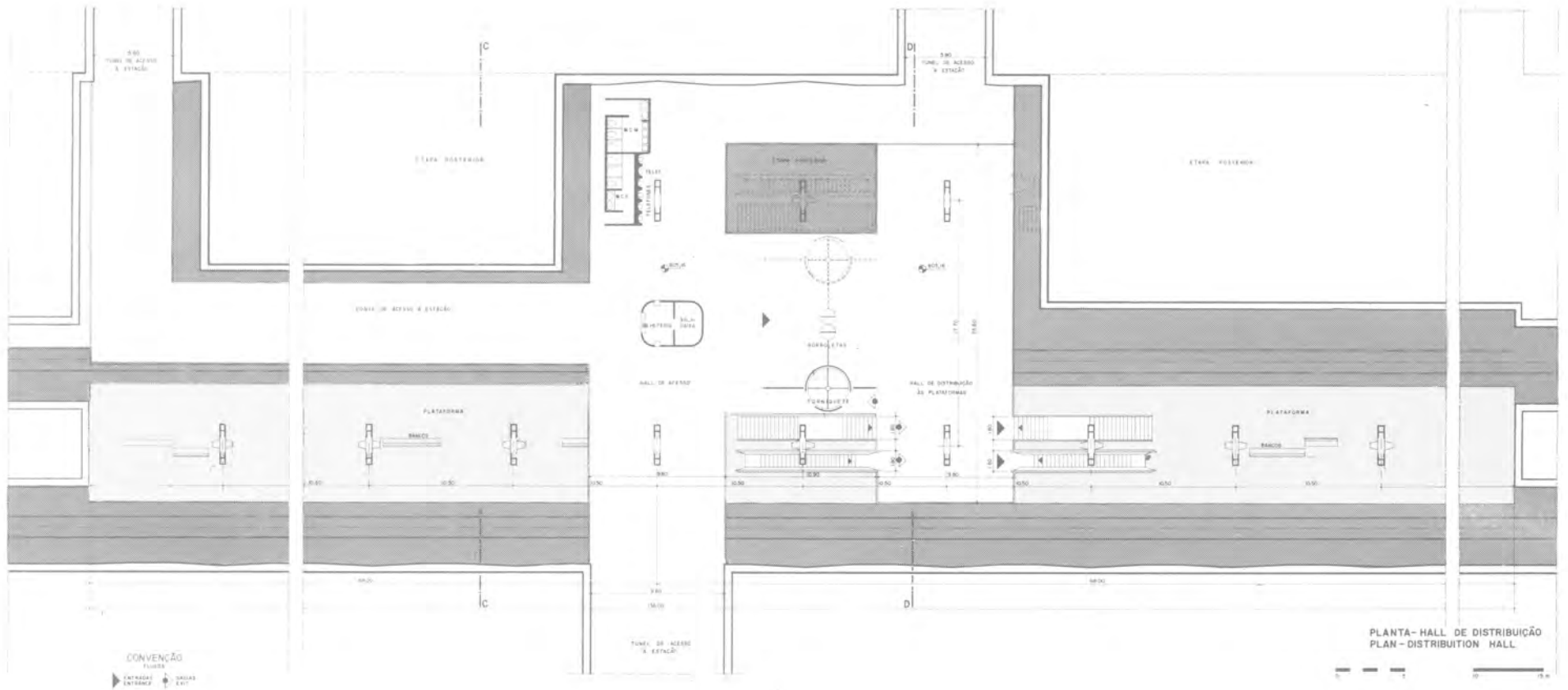


Fig. 31.66  
Estação Ana Rosa. Perspectiva



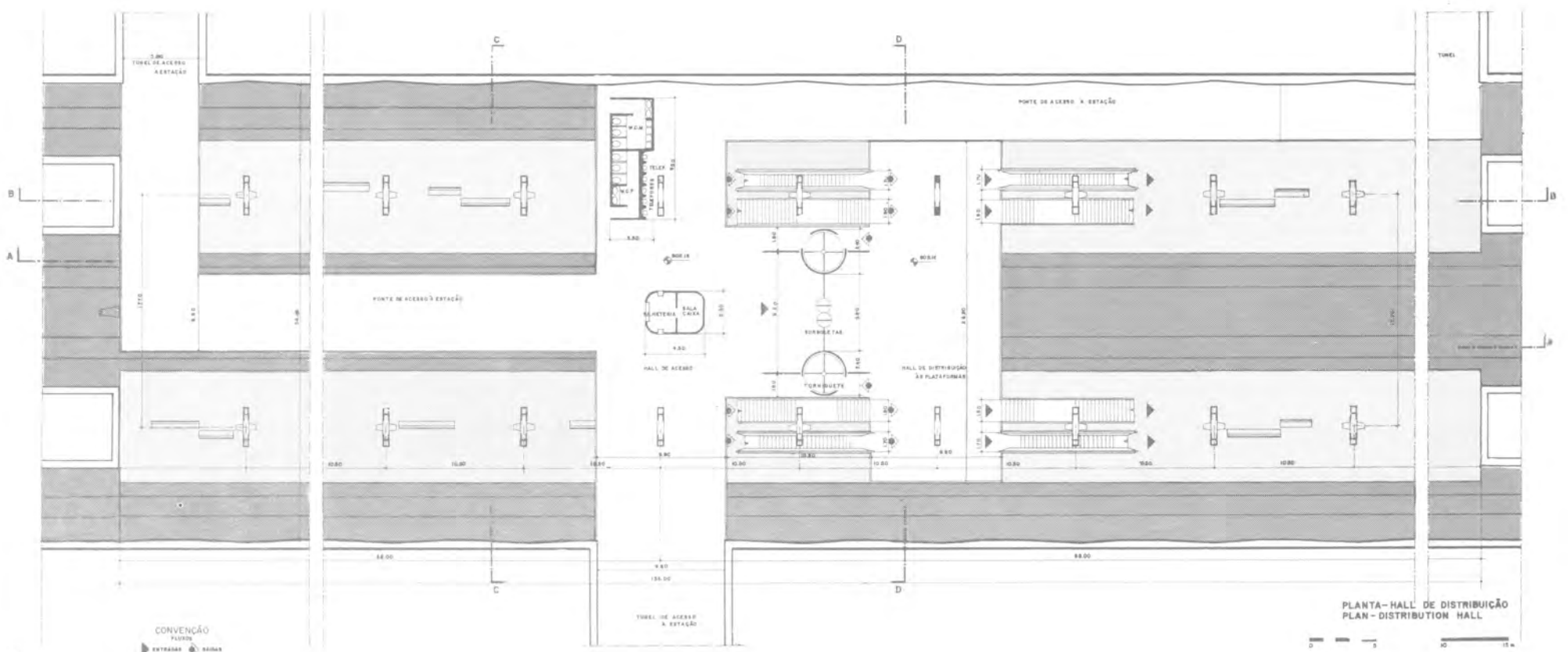
31.66

Fig. 31.67  
Estação Ana Rosa. Planta do hall de distribuição; 1.ª etapa



31.67

Fig. 31.68  
Estação Ana Rosa. Planta do hall de distribuição; fase final



31.68



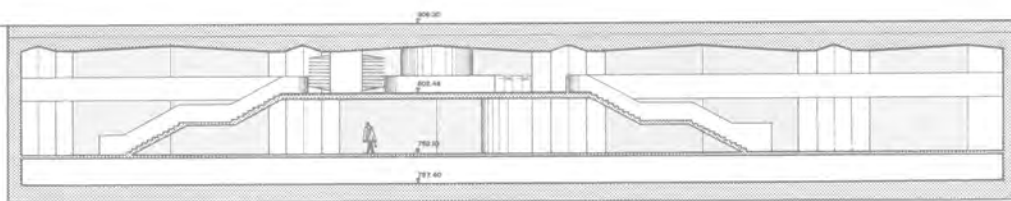
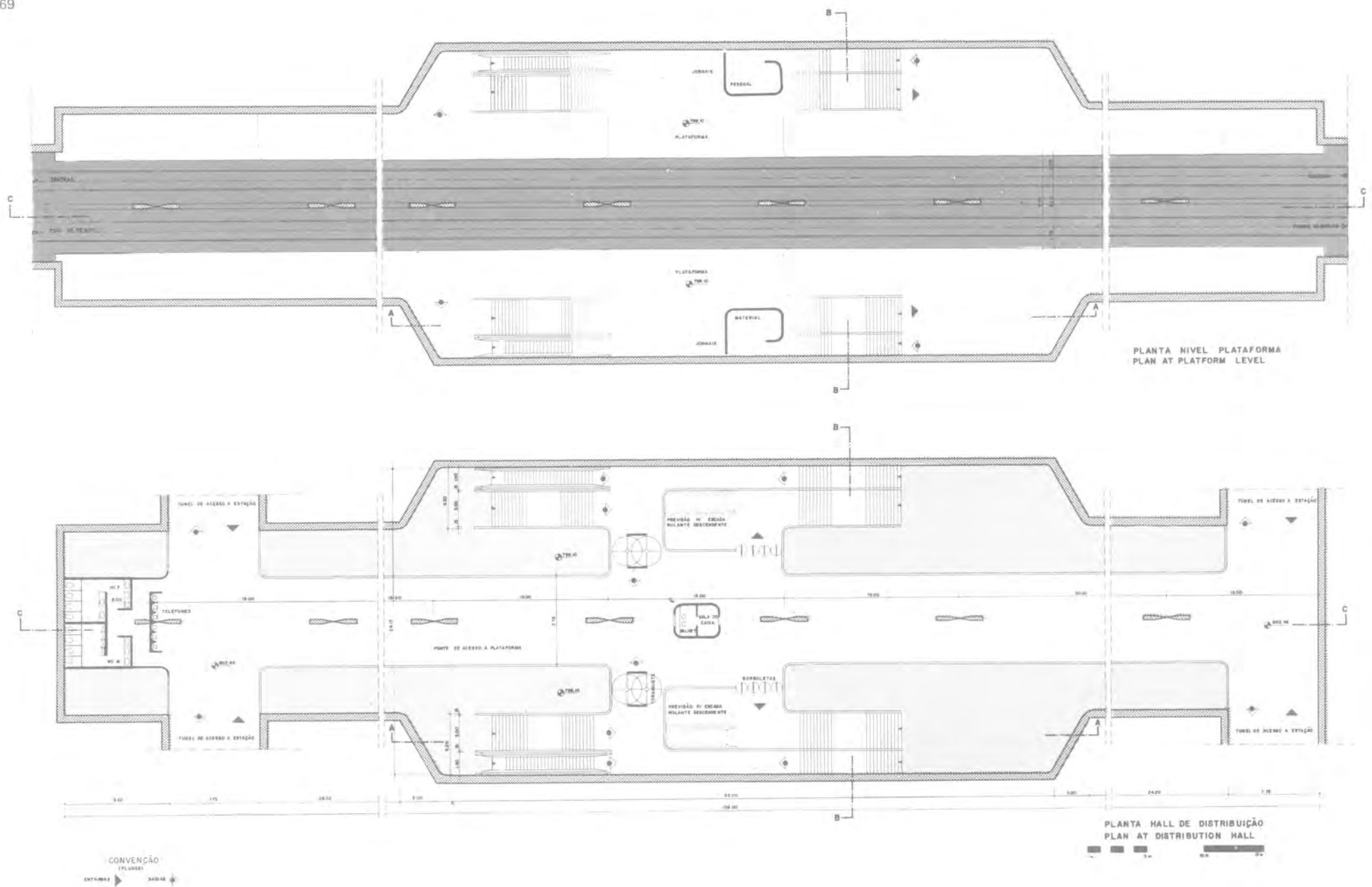
Fig. 31.69  
Estação Vila Mariana. Perspectiva

Fig. 31.70  
Estação Vila Mariana. Planta ao nível  
da plataforma; planta do hall de distribuição

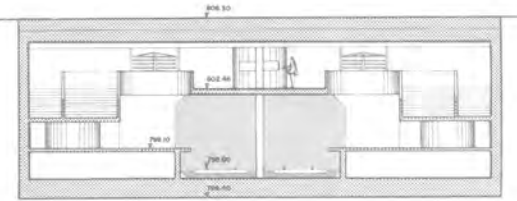
Fig. 31.71  
Estação Vila Mariana. Cortes



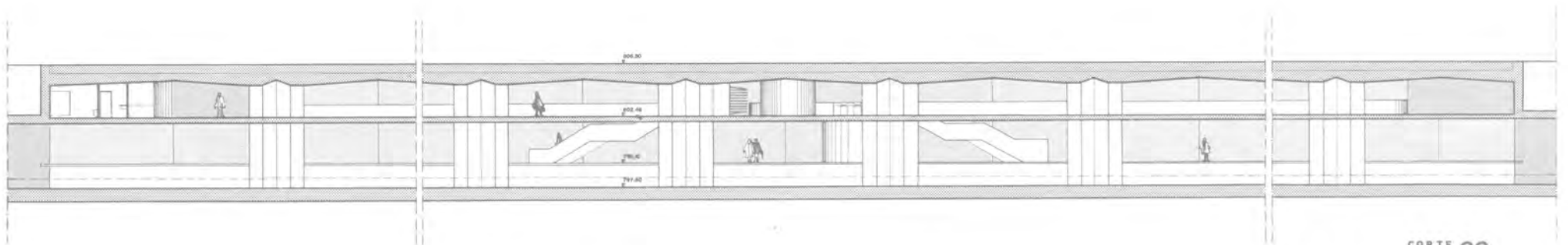
31 69



CORTE  
SECTION AA



CORTE  
SECTION BB



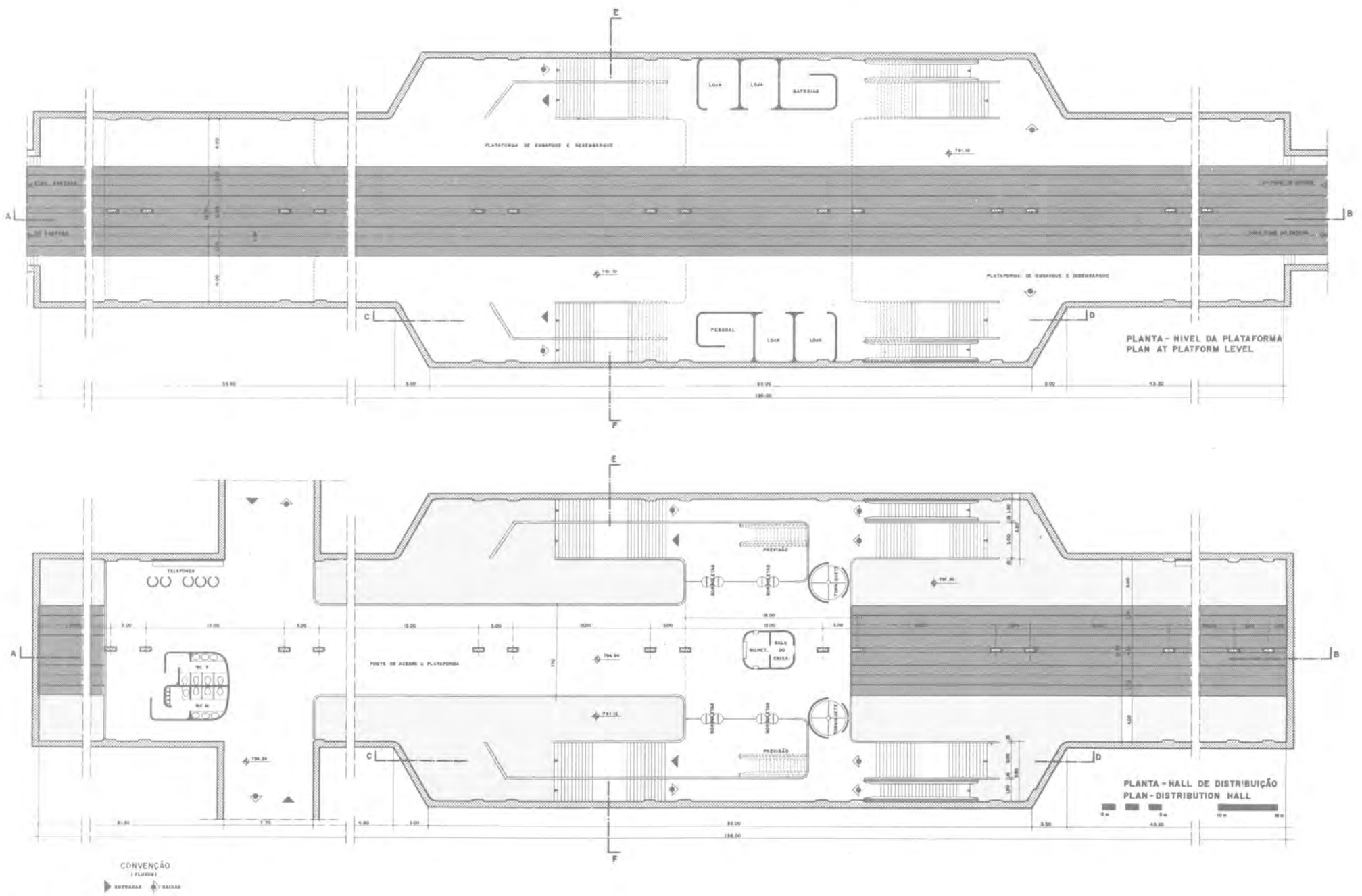
CORTE  
SECTION CC

31 71

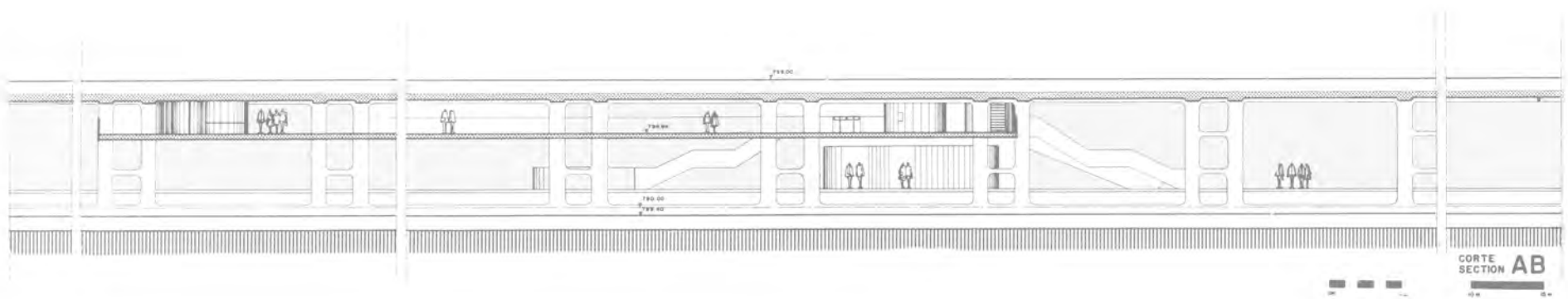
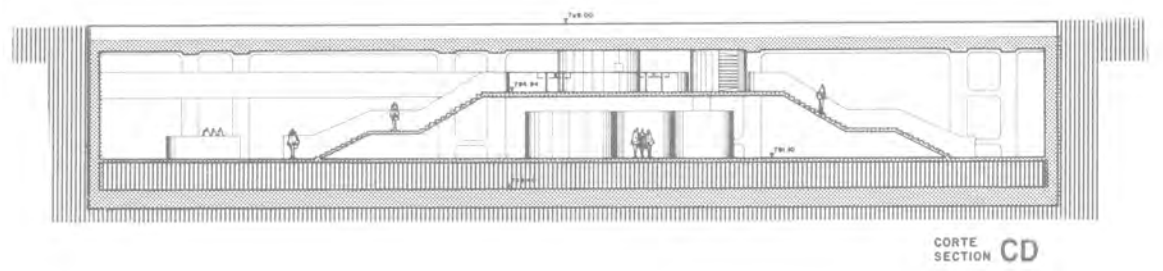
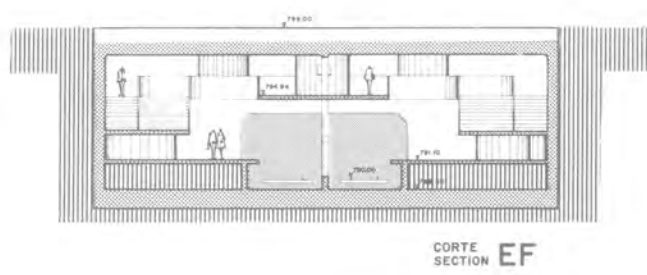


Fig. 31.72  
Estação Santa Cruz. Planta ao nível da  
plataforma; planta do hall de distribuição

Fig. 31.73  
Estação Santa Cruz. Cortes



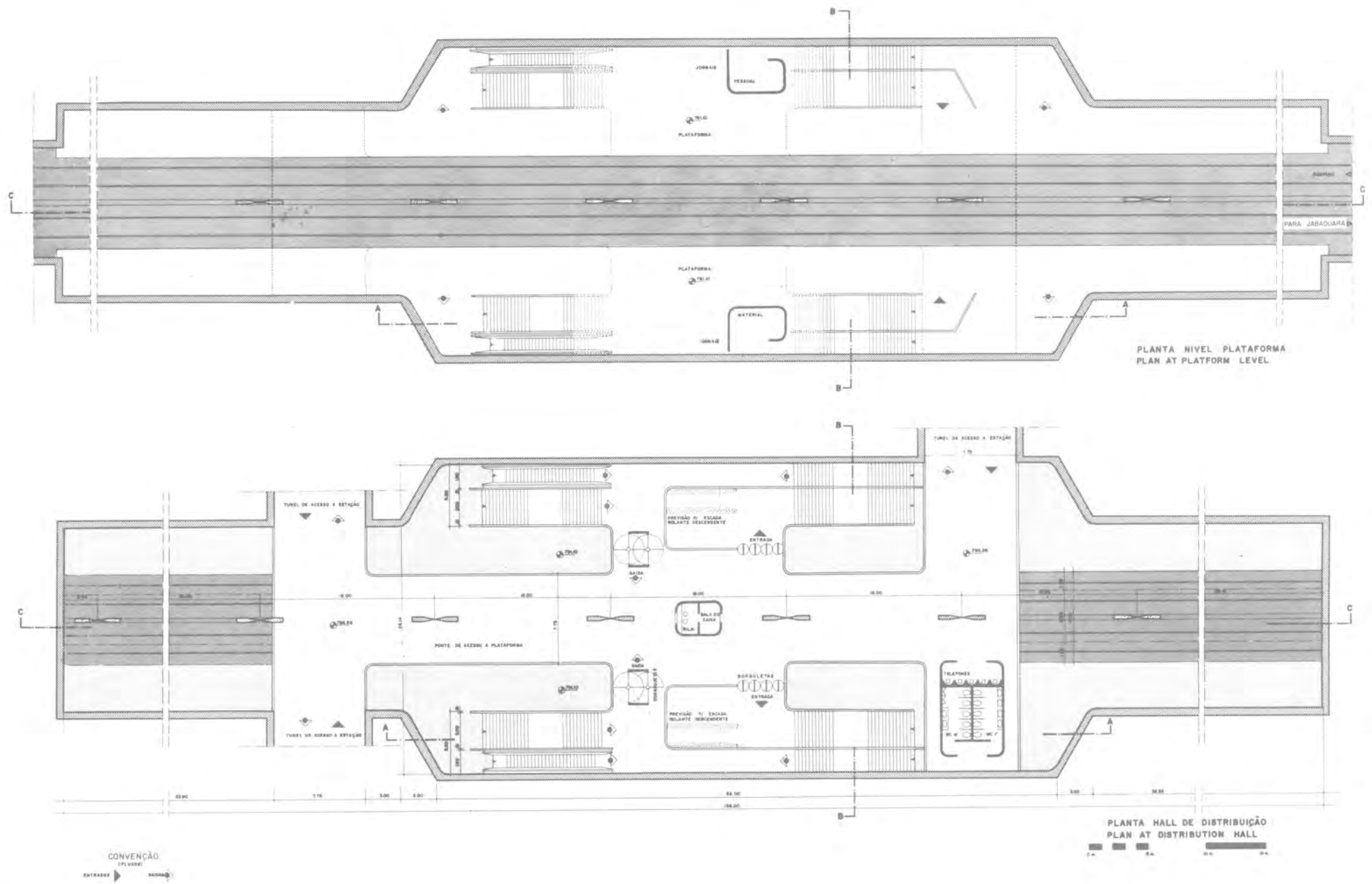
31.72



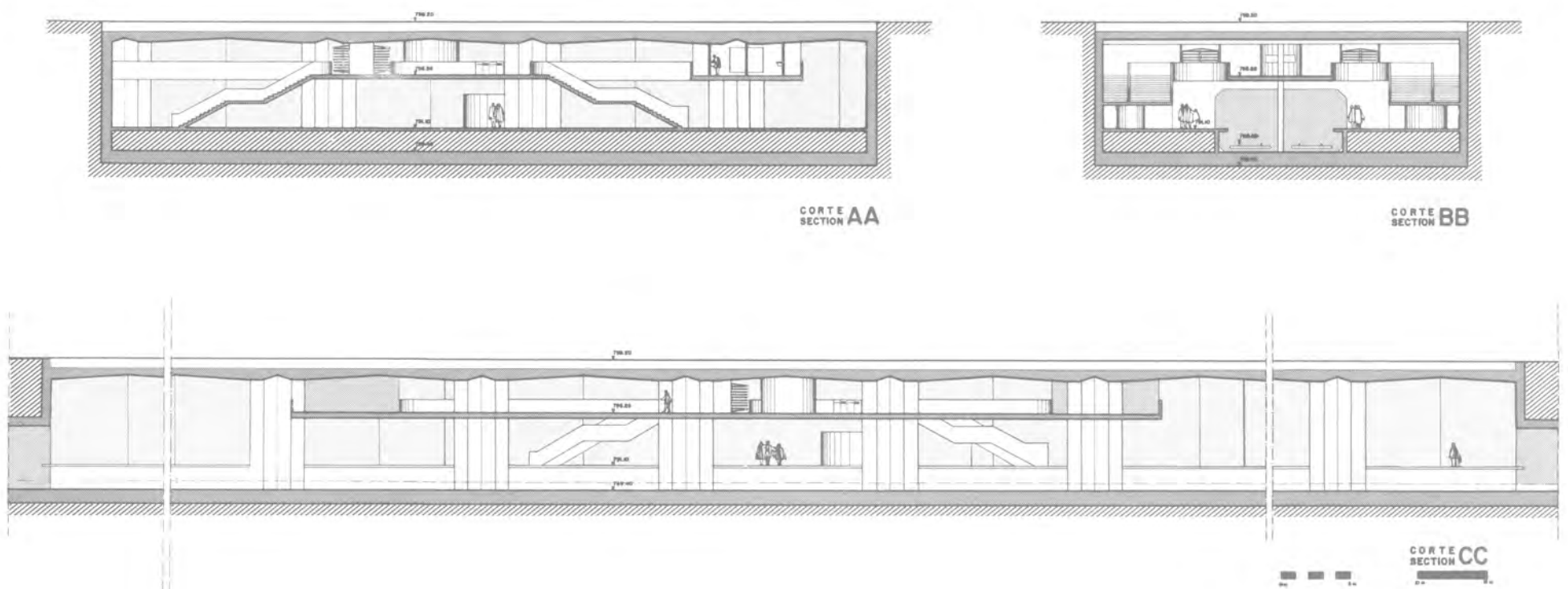
31.73



Fig. 31.75  
Estação Praça da Árvore, Cortes



31 74

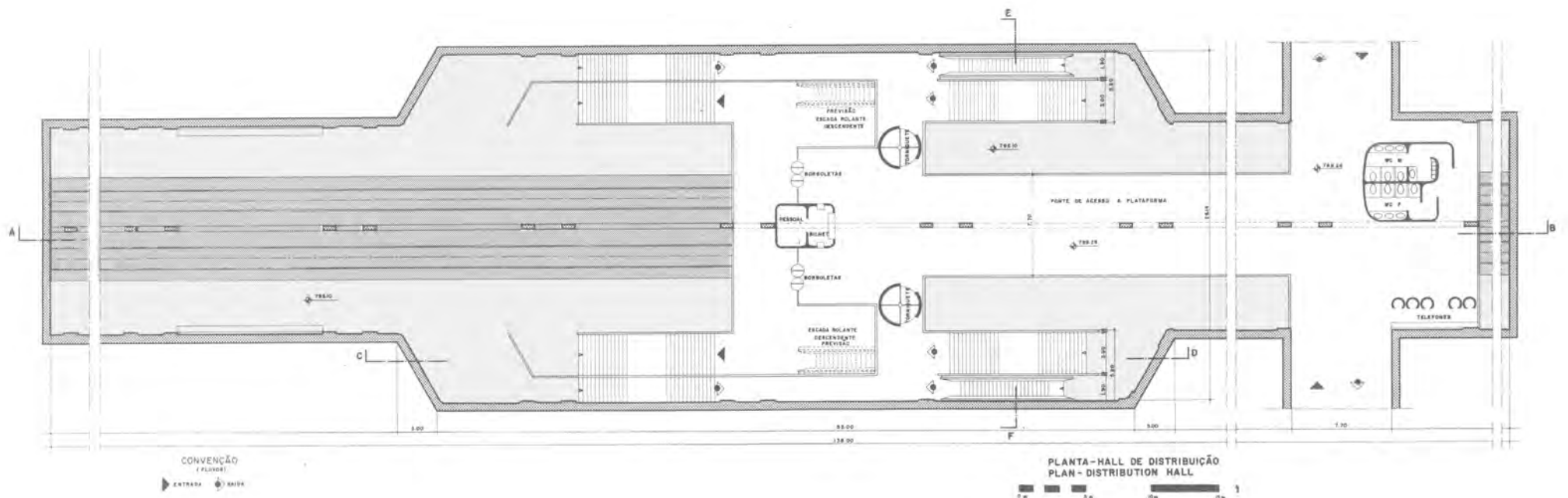
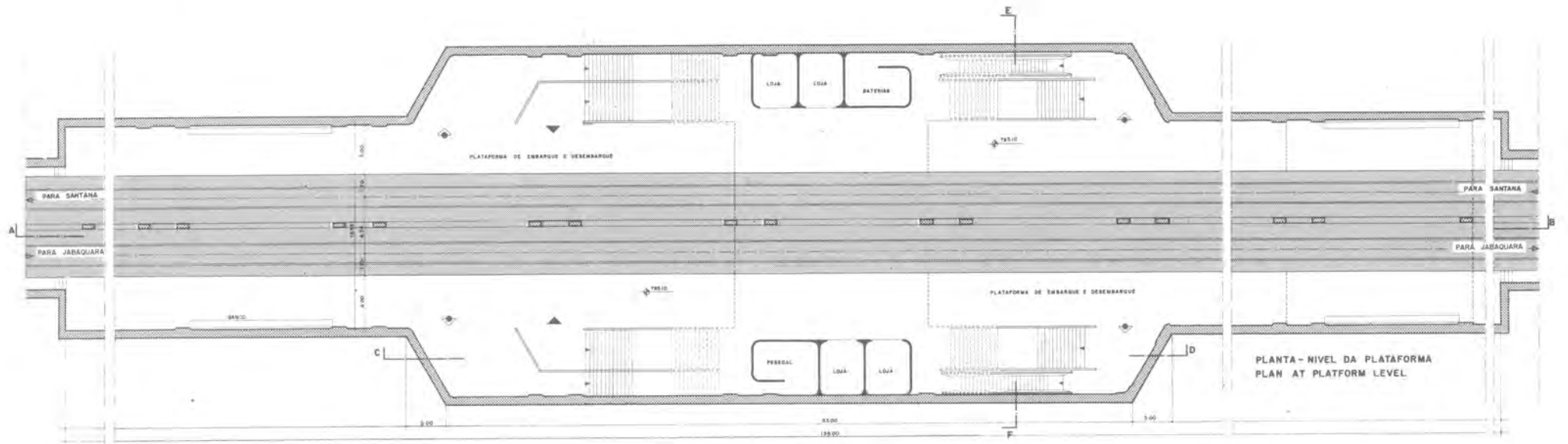


31.75

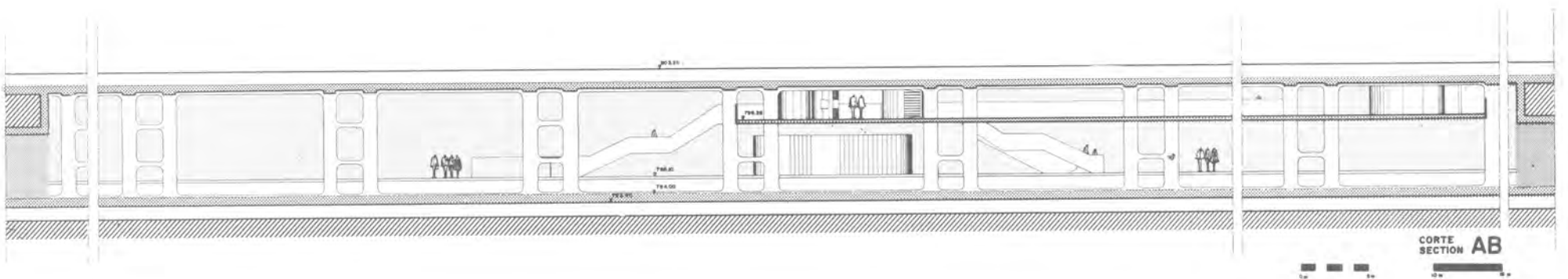
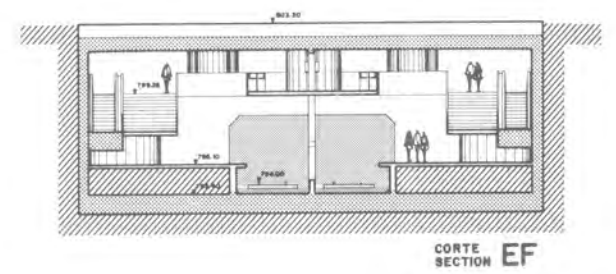
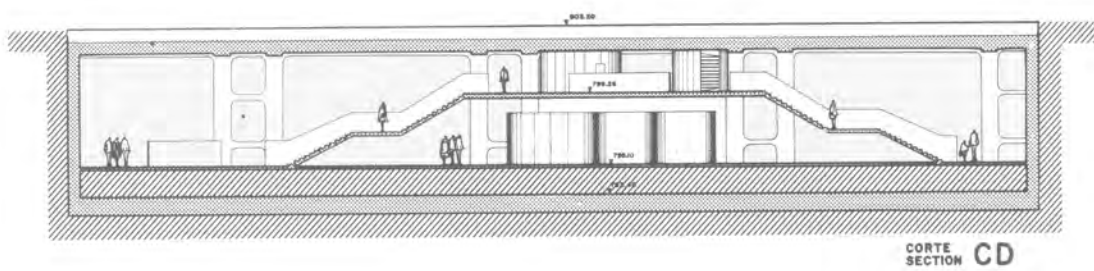


Fig. 31.76  
Estação Saúde. Planta ao nível da  
plataforma; planta do hall de distribuição

Fig. 31.77  
Estação Saúde. Cortes



31.76



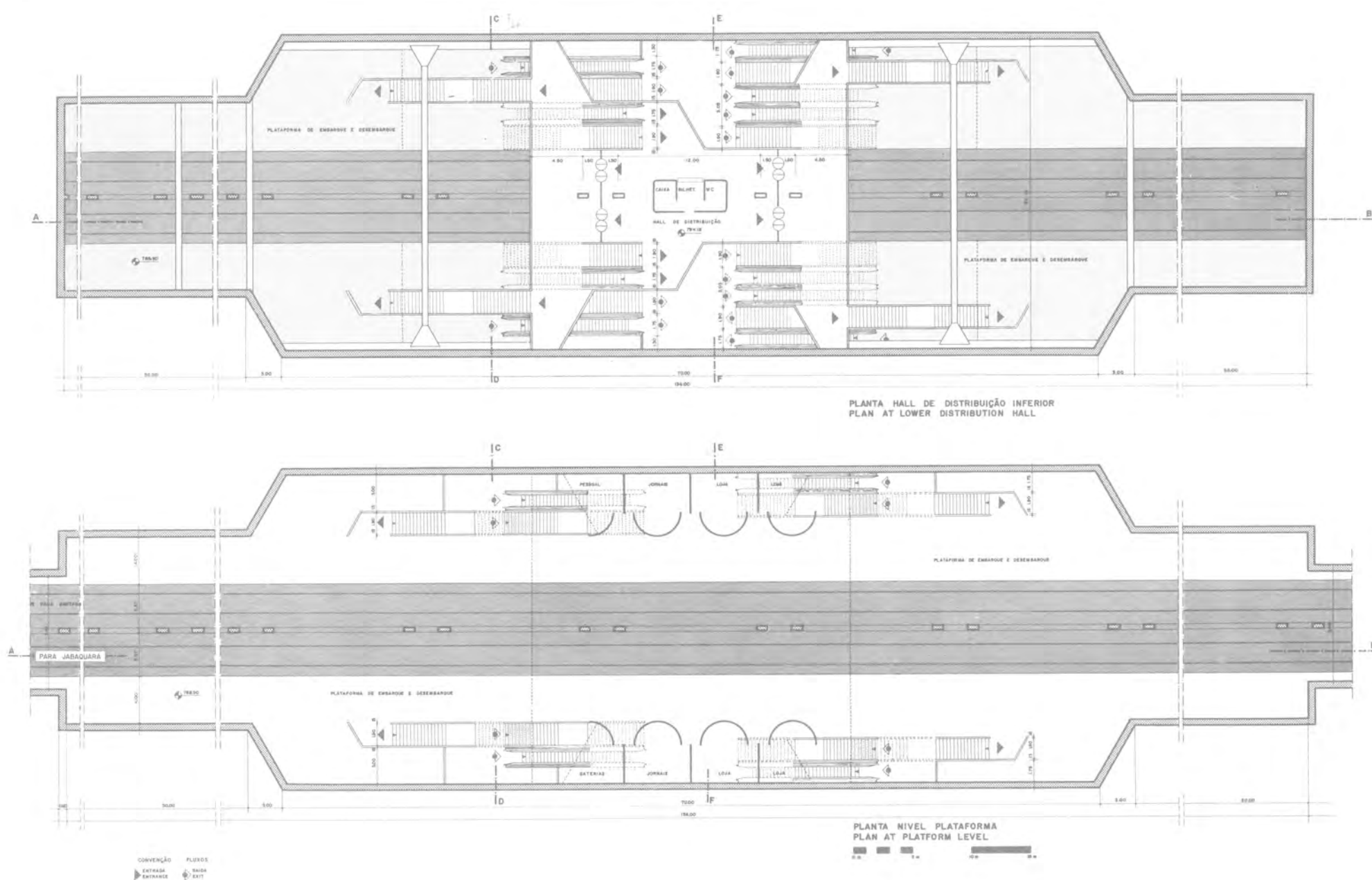
31.77



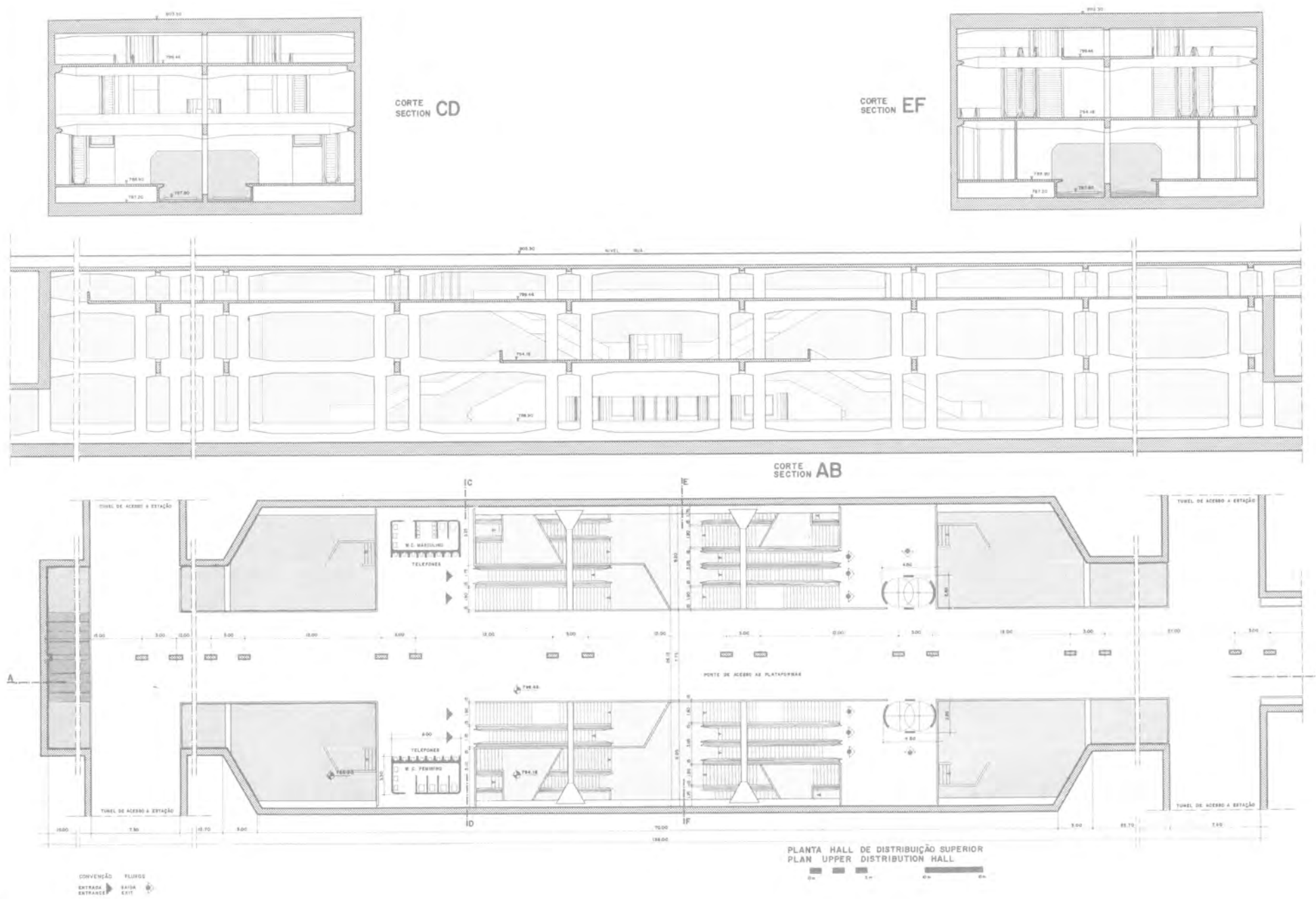
Fig. 31.78  
Estação São Judas. Planta do hall de  
distribuição inferior; planta ao nível da  
plataforma

244

Fig. 31.79  
Estação São Judas. Planta do hall de  
distribuição superior; cortes



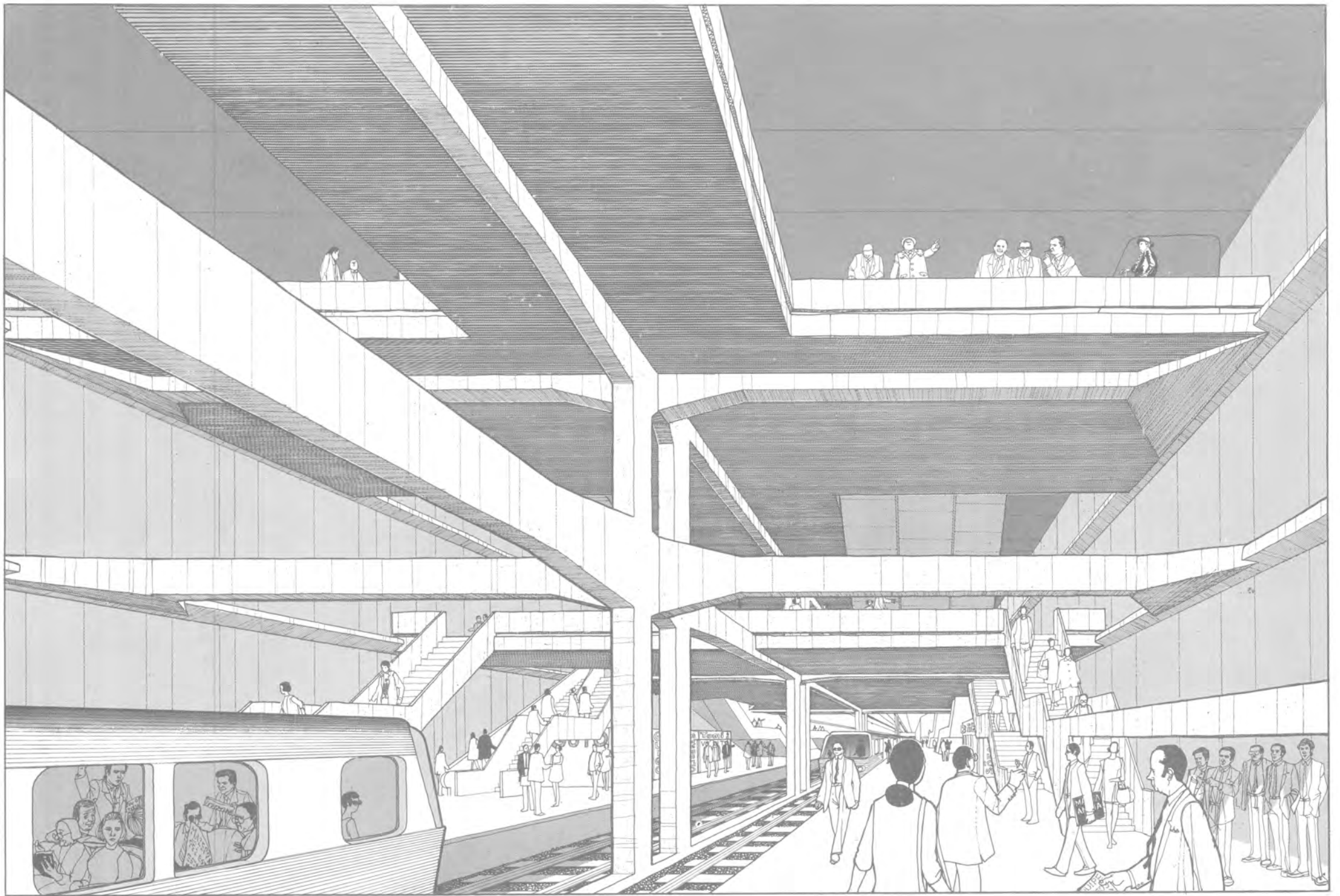
31.78



31.79

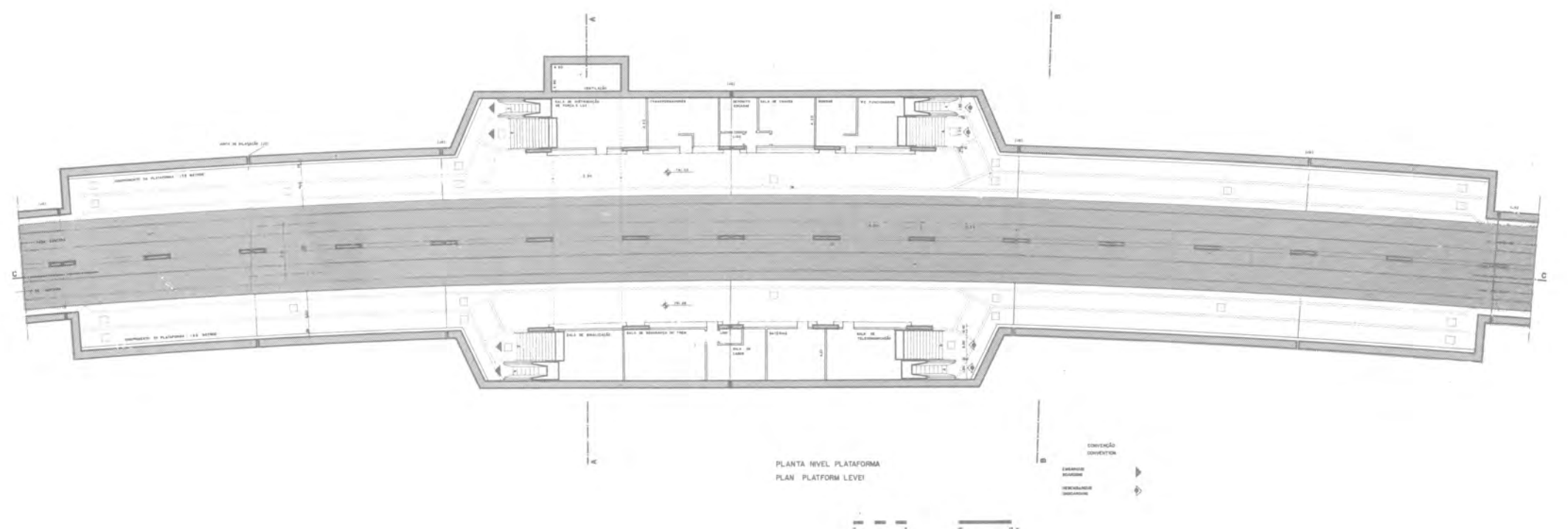


Fig. 31.80  
Estação São Judas. Perspectiva



31.80

Fig. 31.81  
Estação Conceição. Planta ao nível da  
plataforma

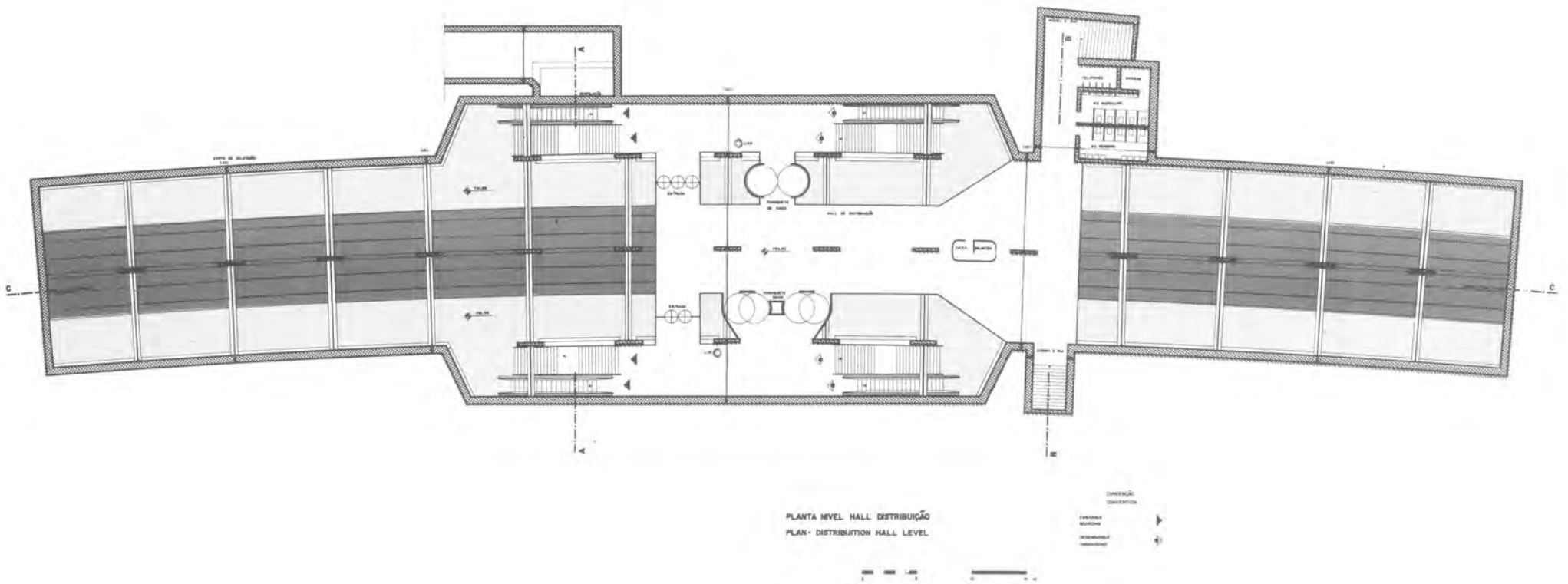


31.81

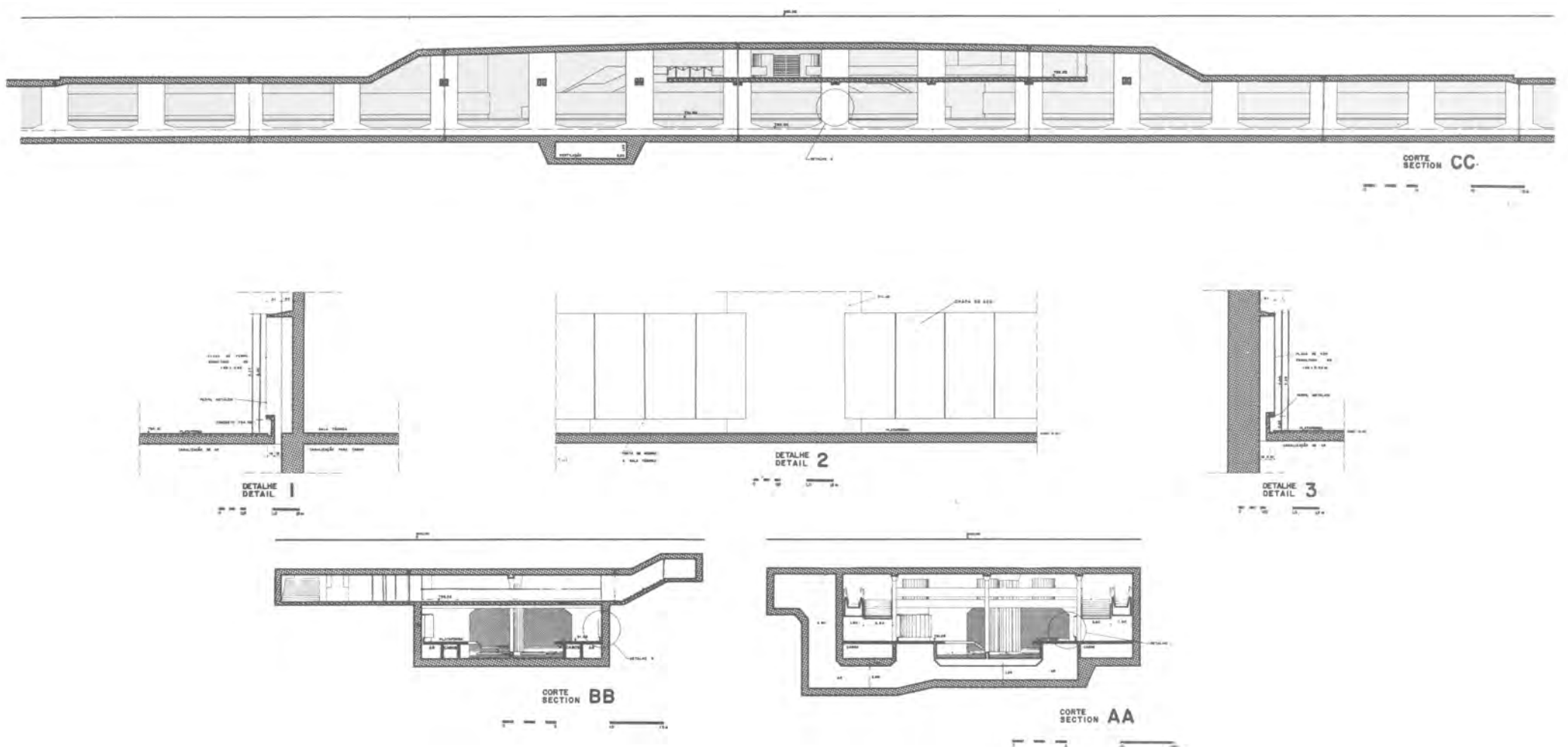


Fig. 31.82  
Estação Conceição. Planta do hall de  
distribuição

Fig. 31.83  
Estação Conceição. Cortes



31.82



31.83

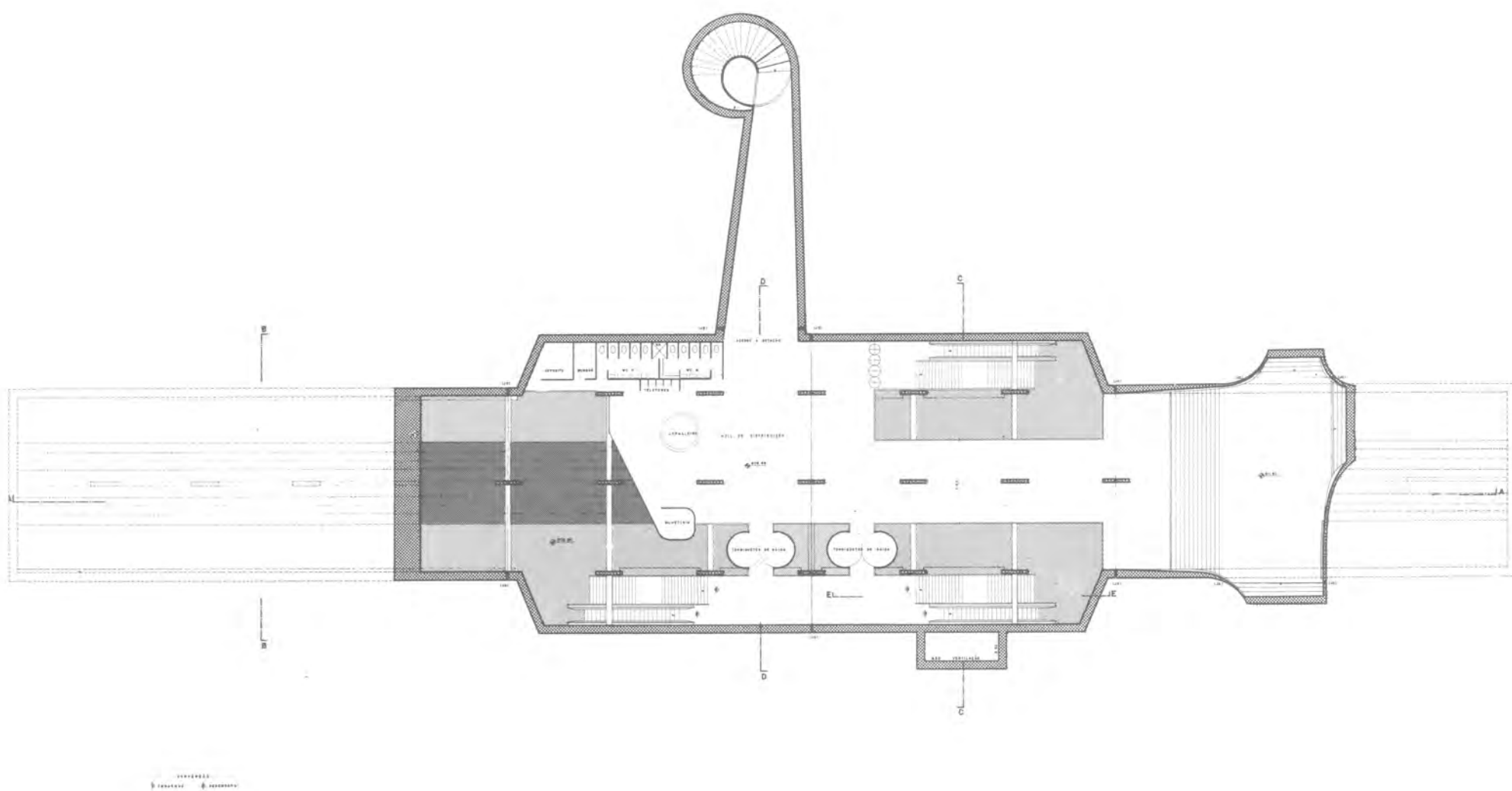


Fig. 31.84  
Estação Jabaquara. Planta ao nível da praça



31.84

Fig. 31.85  
Estação Jabaquara. Planta do hall de distribuição

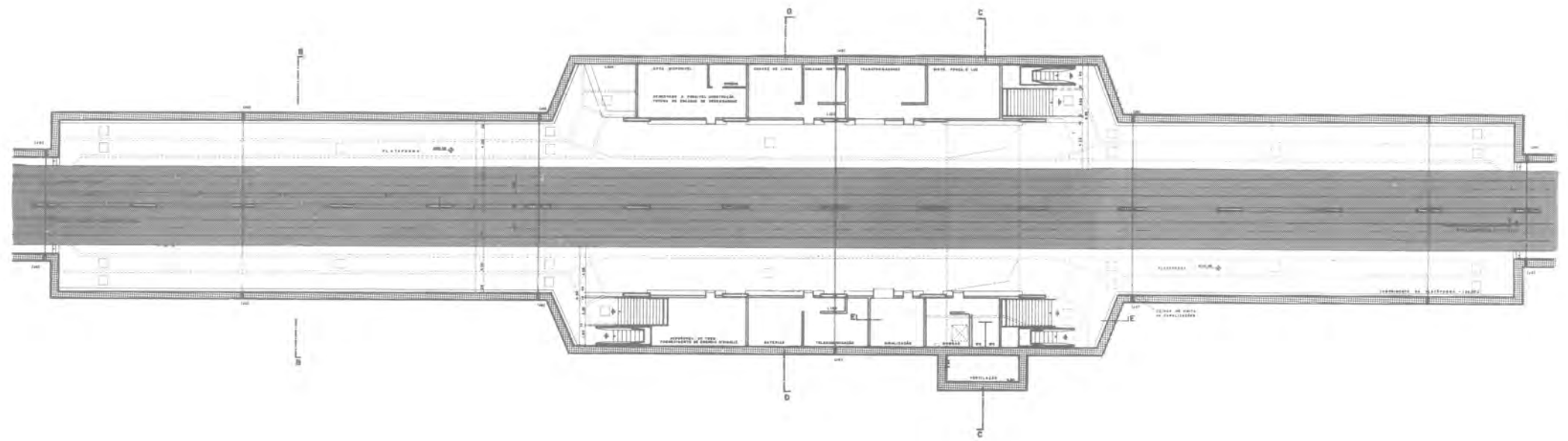


31.85

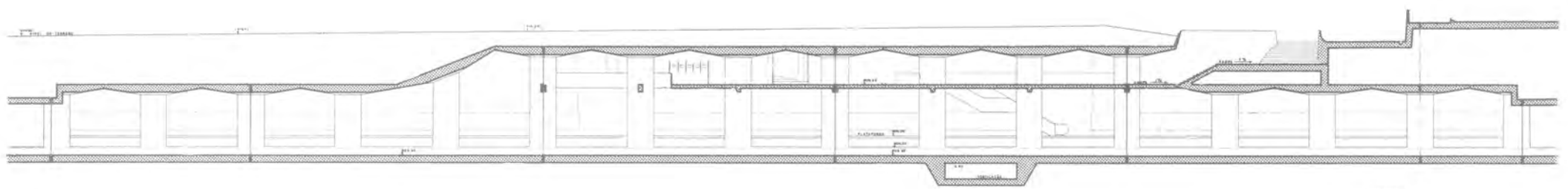


Fig. 31.86  
Estação Jabaquara. Planta ao nível da  
plataforma

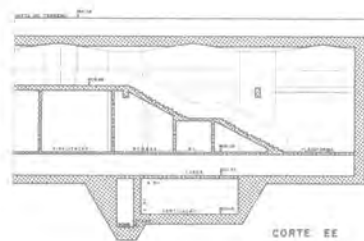
Fig. 31.87  
Estação Jabaquara. Cortes



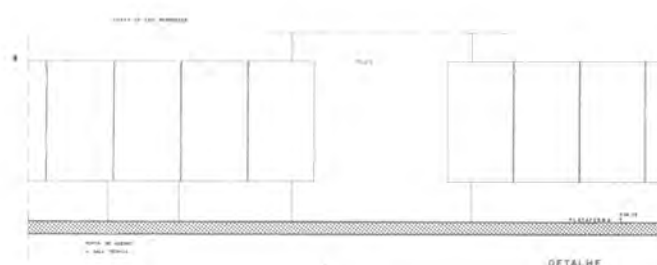
31.86



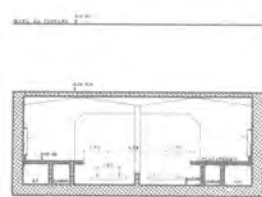
CORTE AA



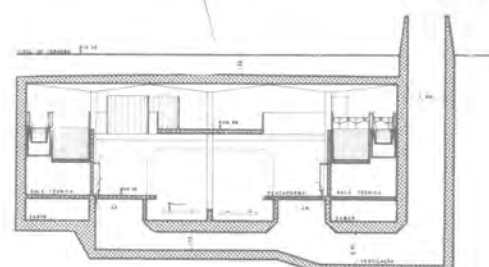
CORTE EE



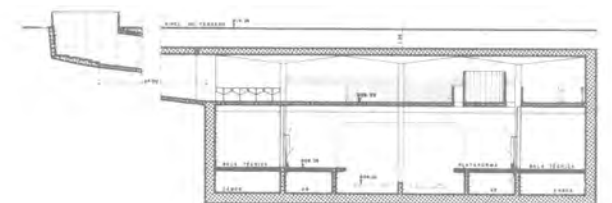
DETALHE



CORTE BB



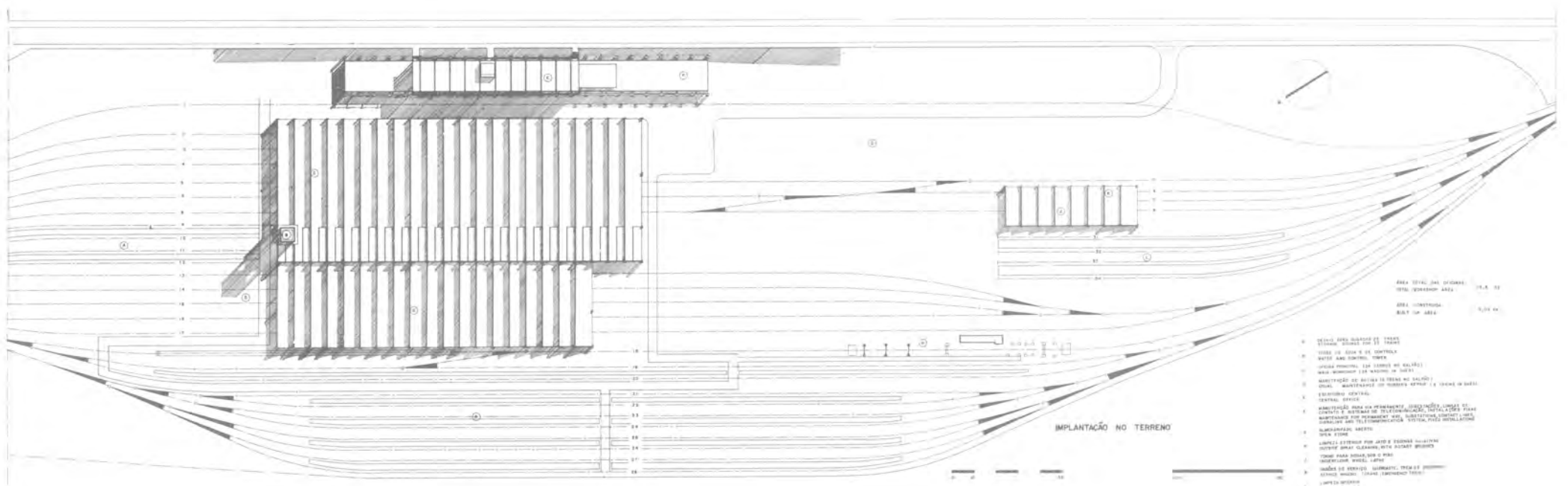
CORTE CC



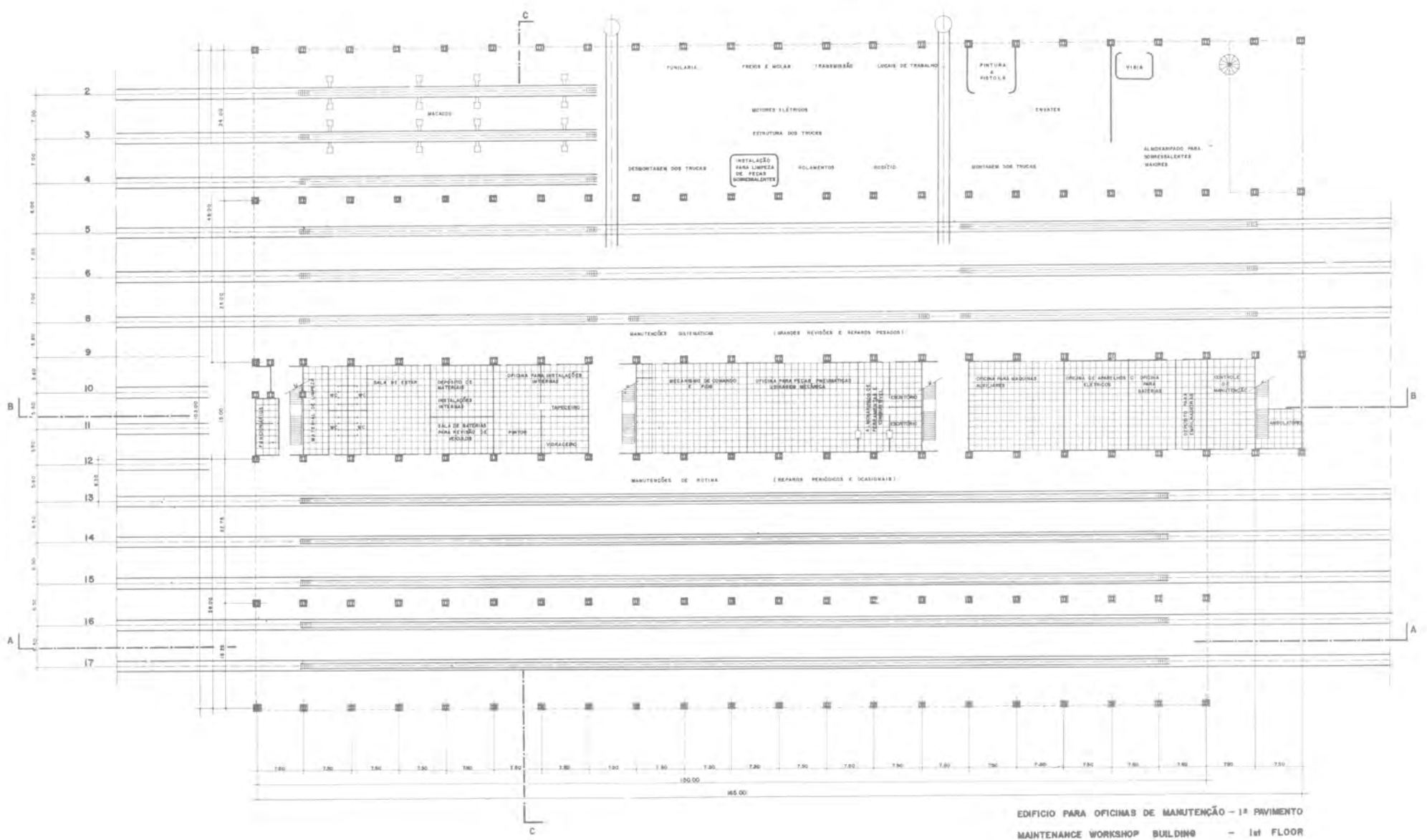
CORTE DD

31.87





31.88

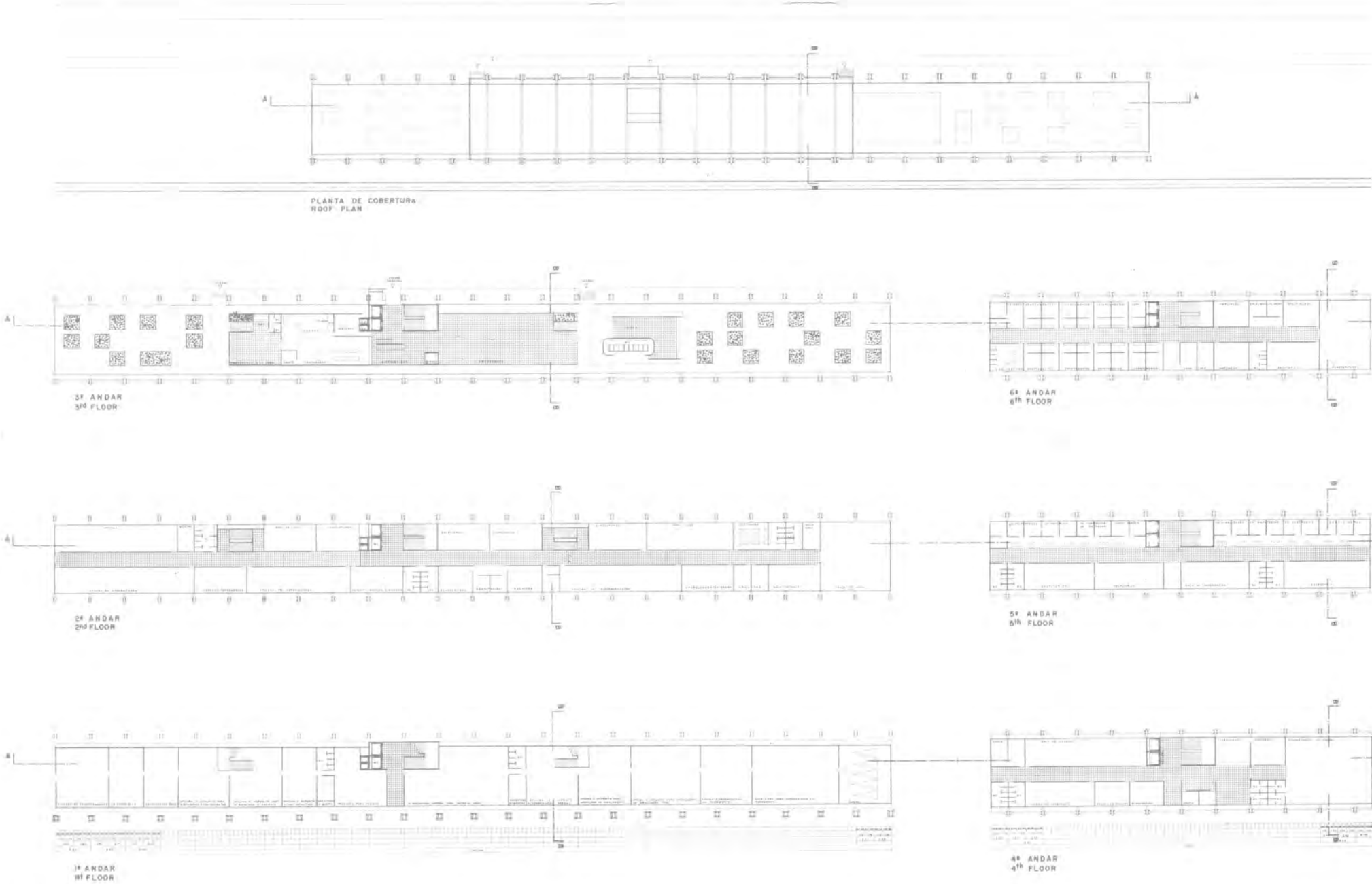


31.89

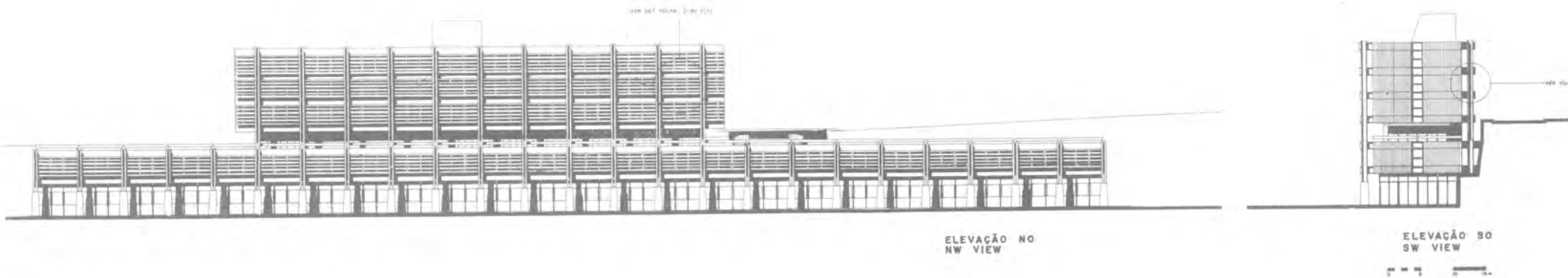
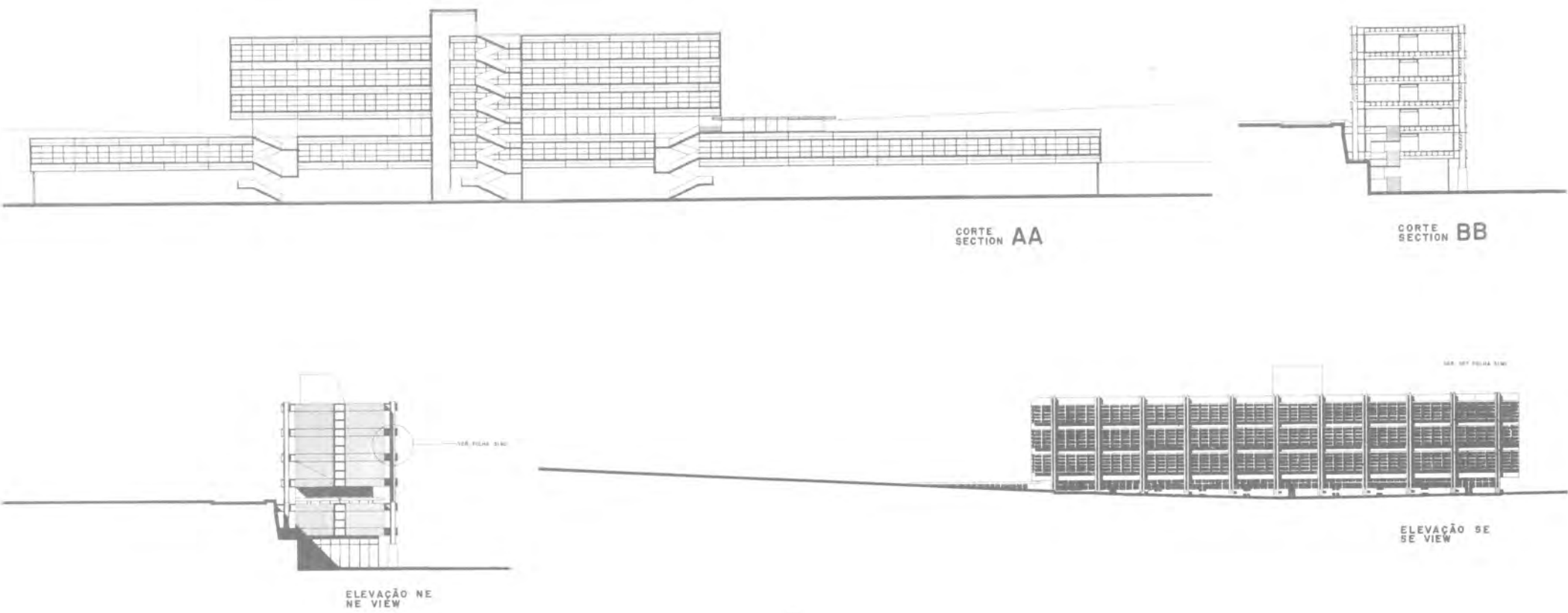




Fig. 31.92  
Edifício sede da administração e  
oficinas de consertos. Plantas



31.92



31.93

Fig 31.94  
Oficinas de Manutenção. Oficina para  
tornos de rodas, torre de água e  
outros detalhes

Fig. 31.95  
Estação Tutóia. Perspectiva

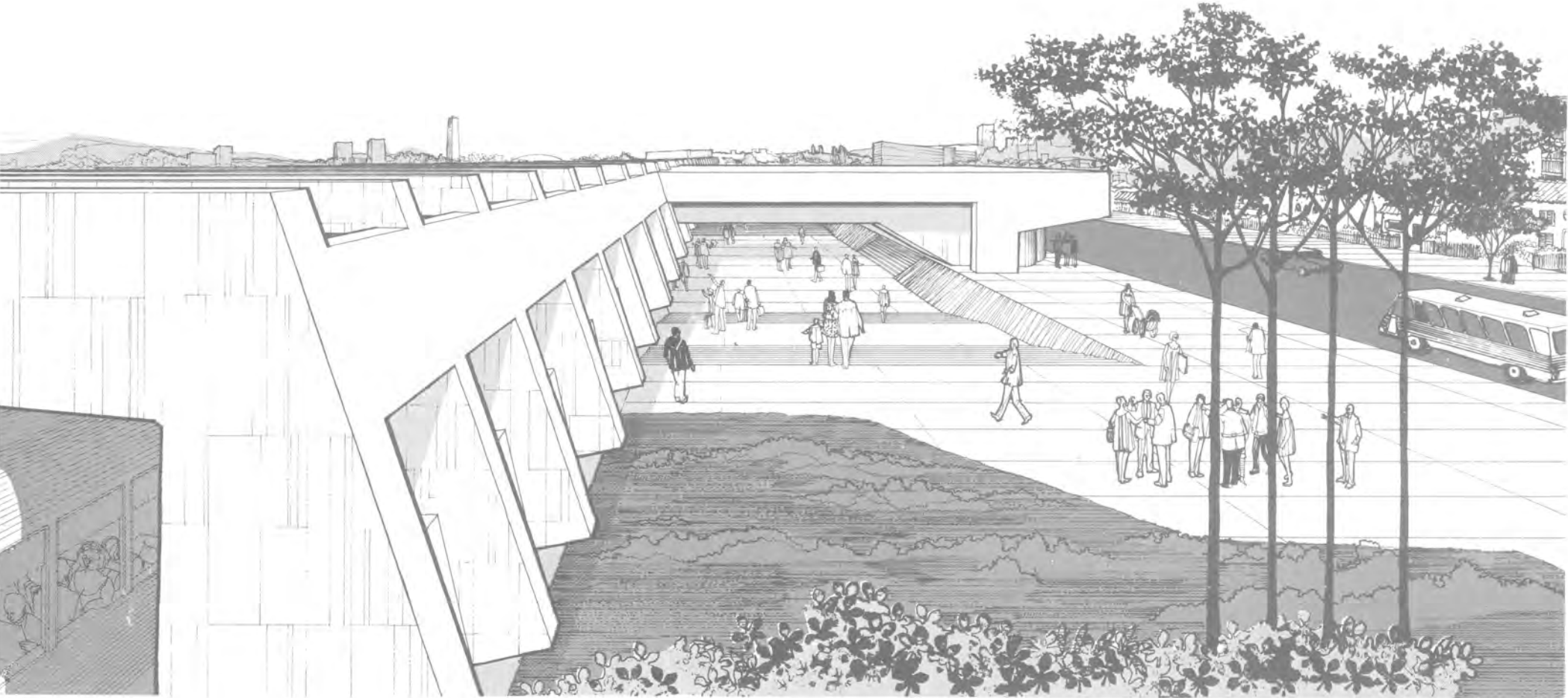
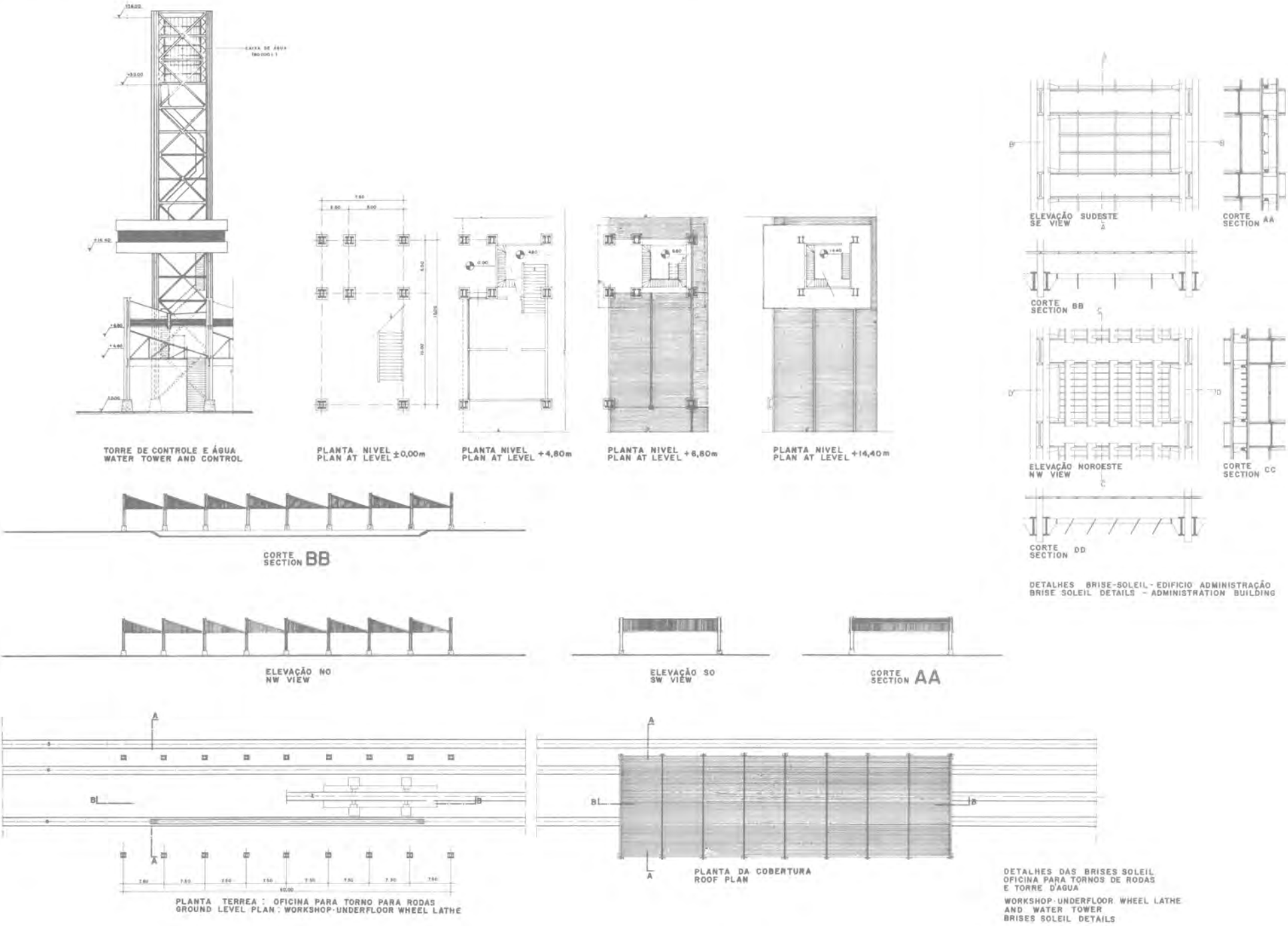




Fig. 31.96  
Estação Tutóia. Planta ao nível da  
plataforma e ao nível inferior

Fig. 31.97  
Estação Tutóia. Cortes e elevações

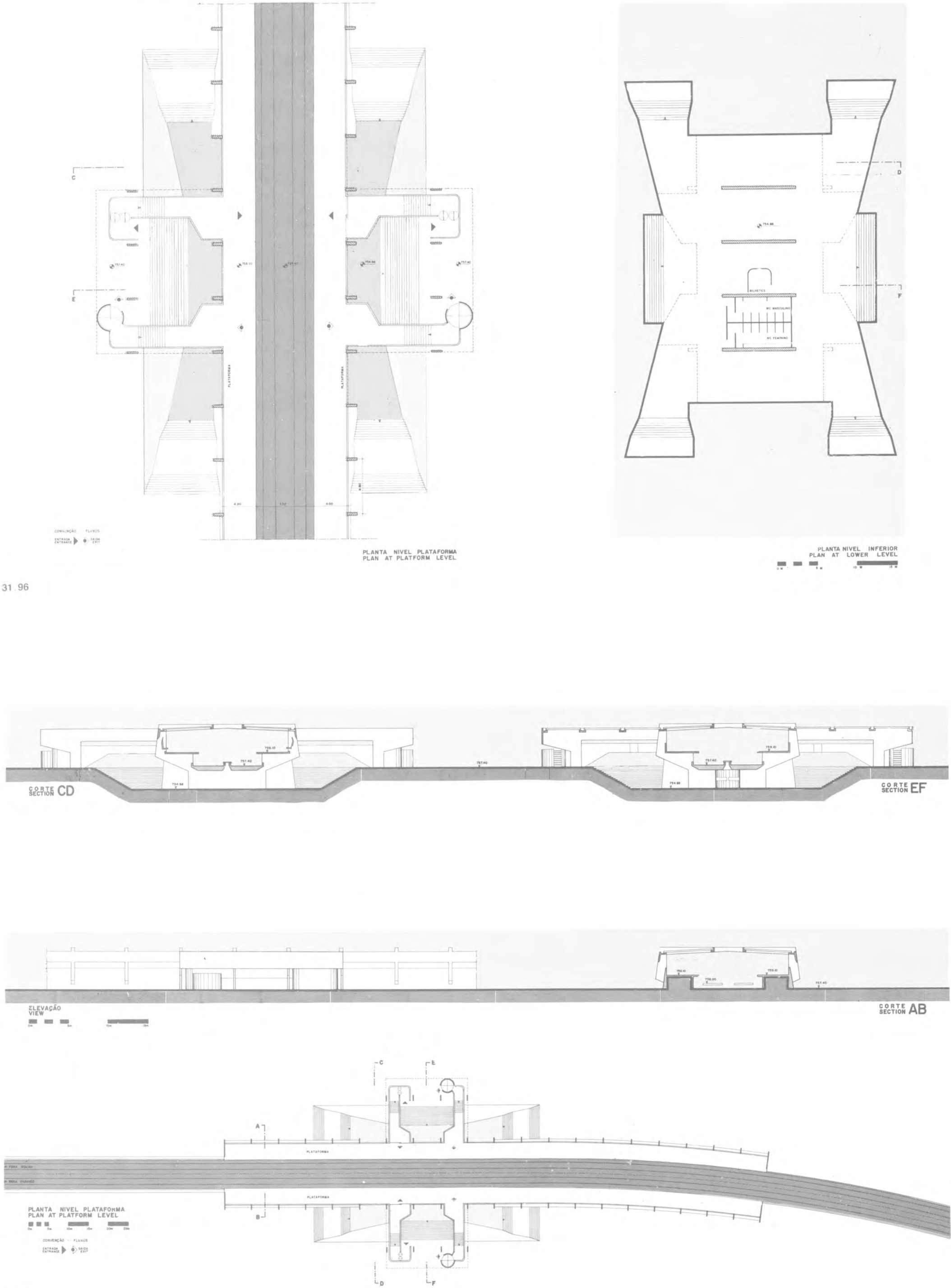
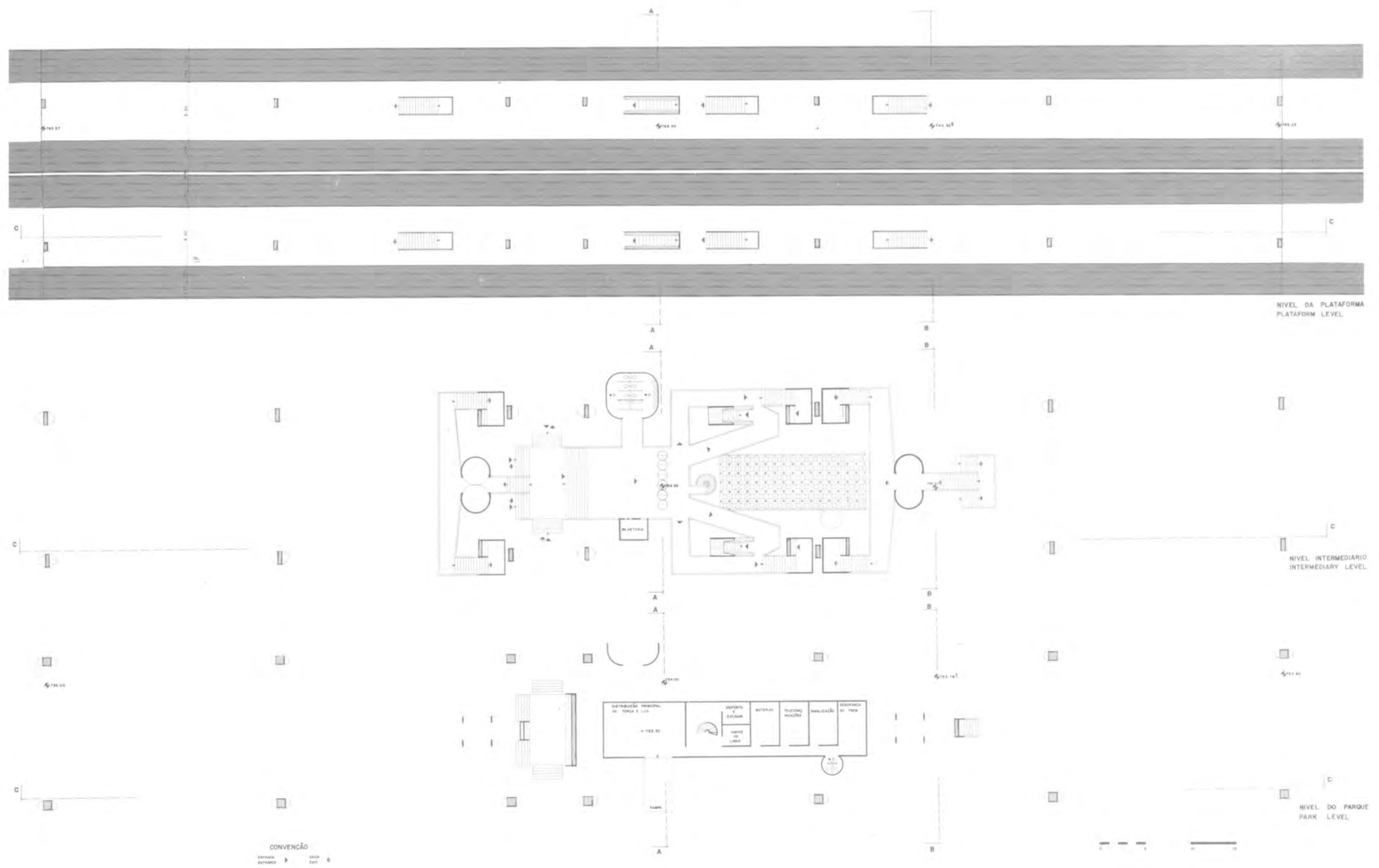
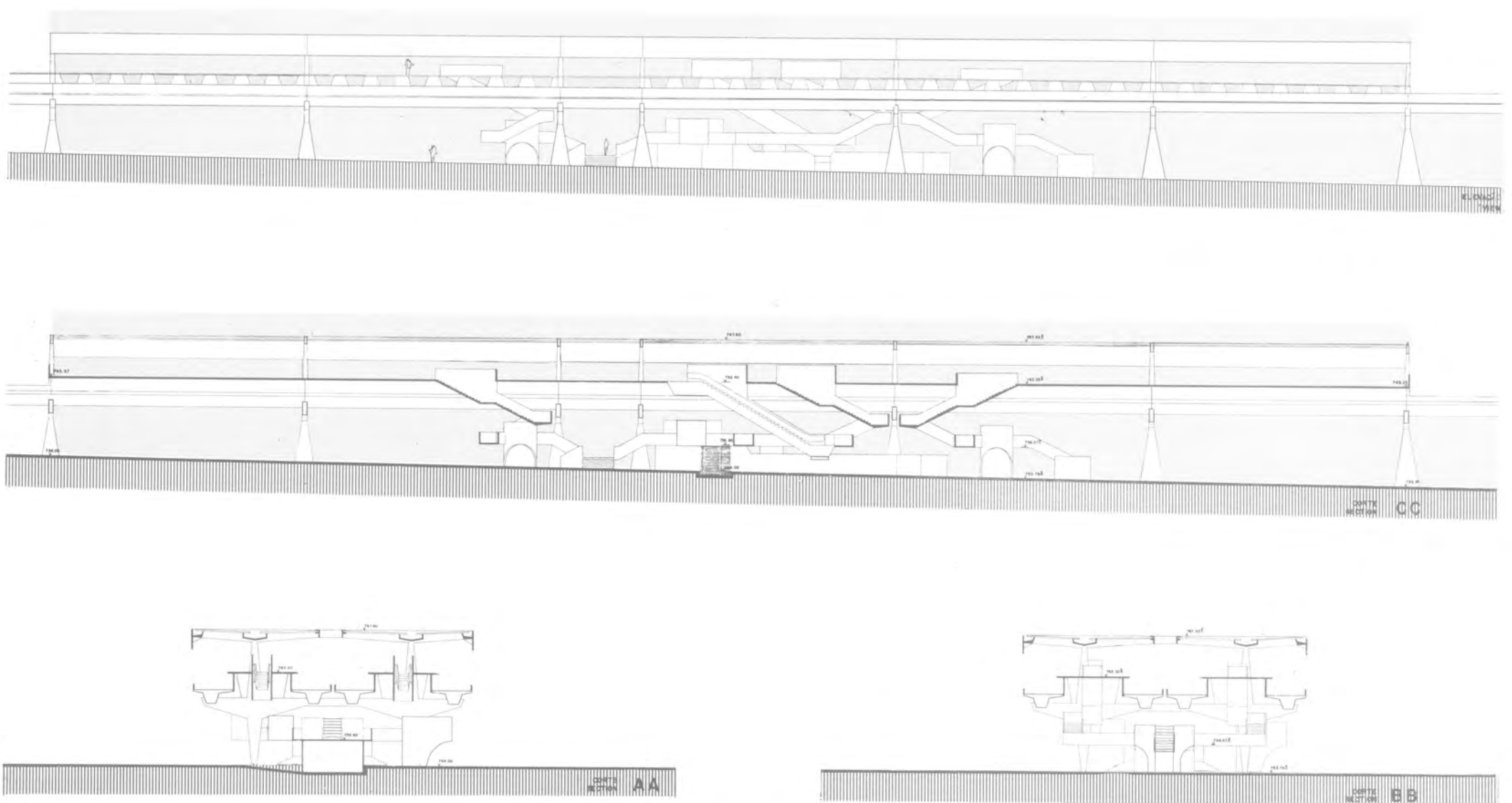


Fig. 31.98  
Estação Ibirapuera. Planta ao nível da  
plataforma e nível intermediário



31.98

Fig. 31.99  
Estação Ibirapuera. Cortes e elevações

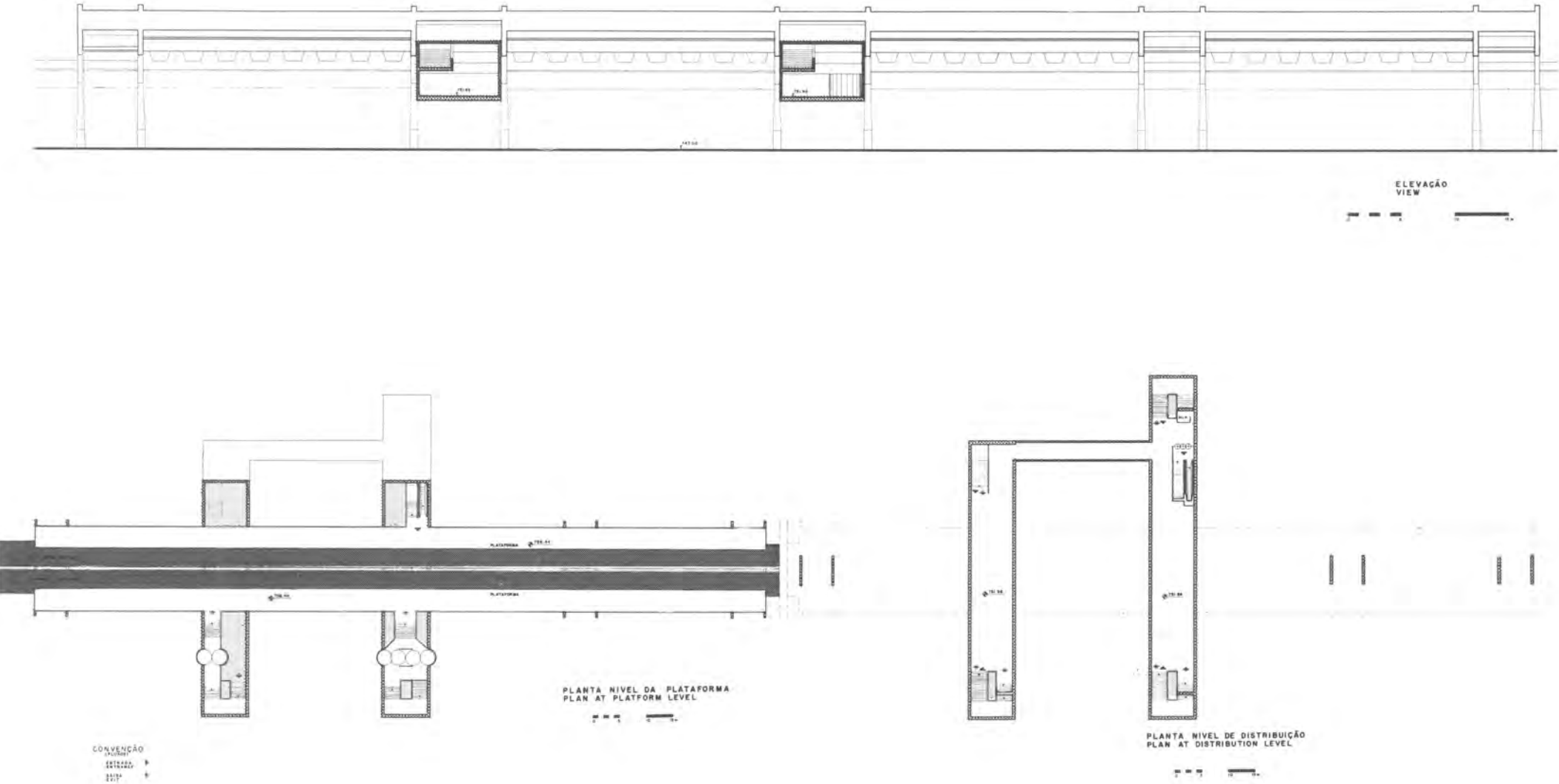


31.99

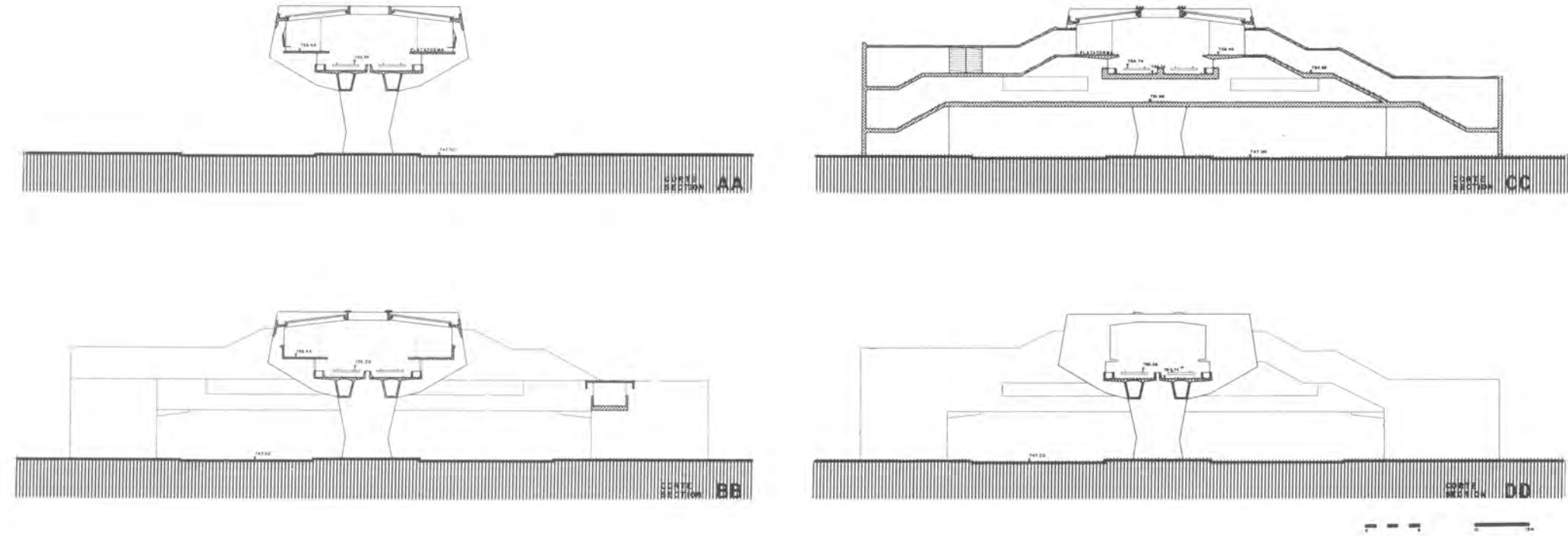


Fig. 31.100  
Estação Moema. Planta ao nível da  
plataforma e distribuição; corte-elevação

Fig. 31.101  
Estação Moema. Cortes



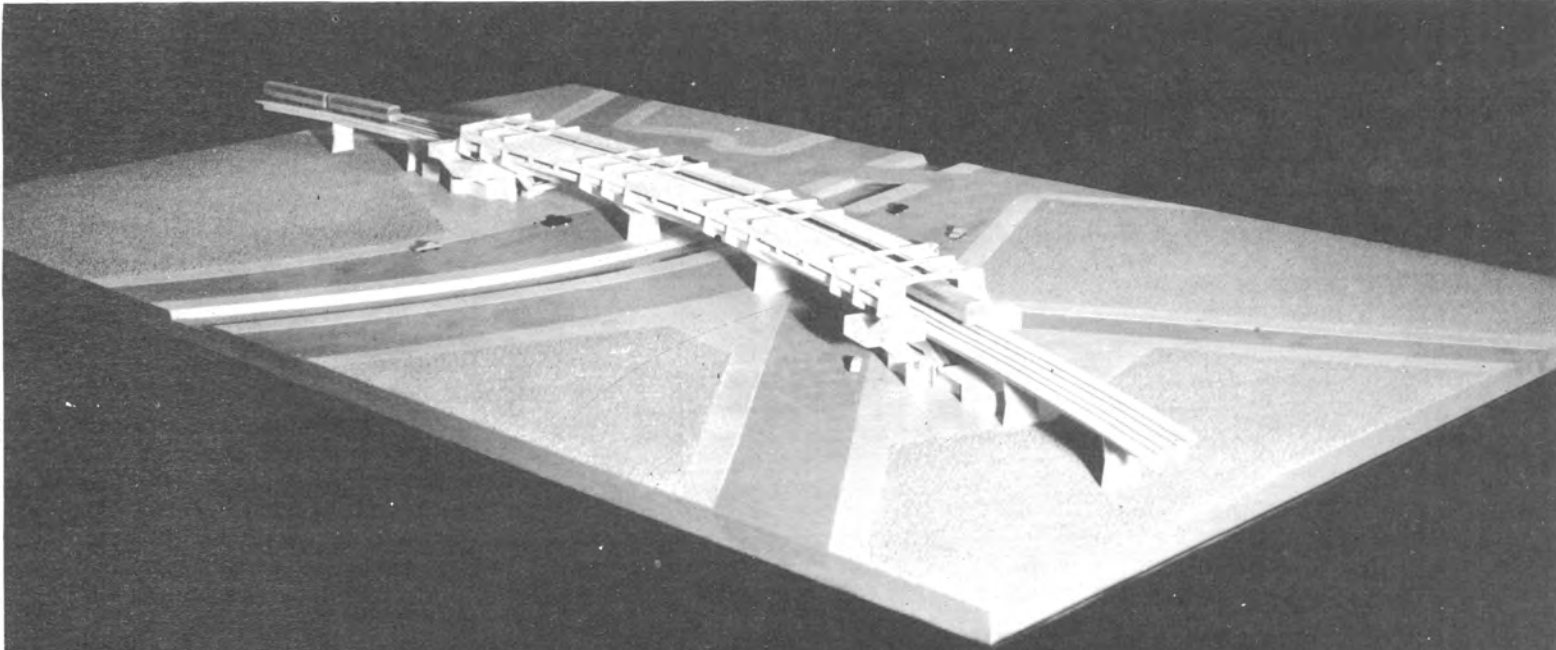
31.100



31.101

Fig. 31.102 a, b, c  
Estação Ponte Pequena. Vistas da maquete

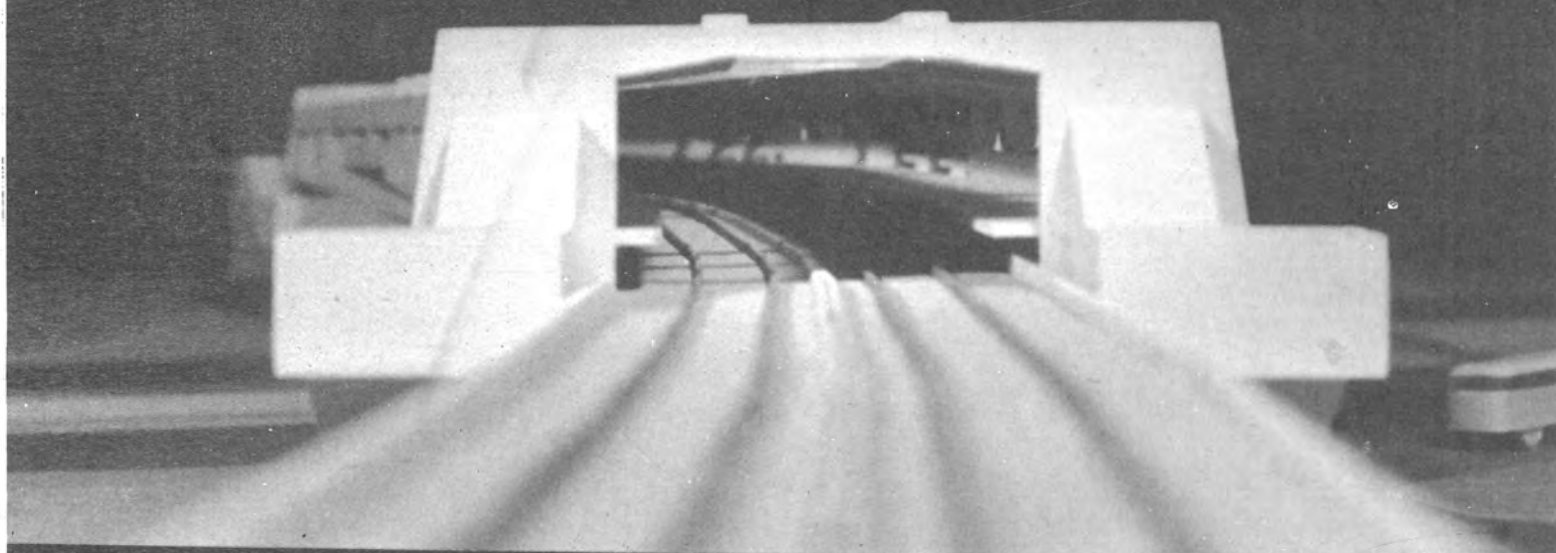
Fig. 31.103  
Estação Liberdade. Maquete, em corte, da  
estação subterrânea



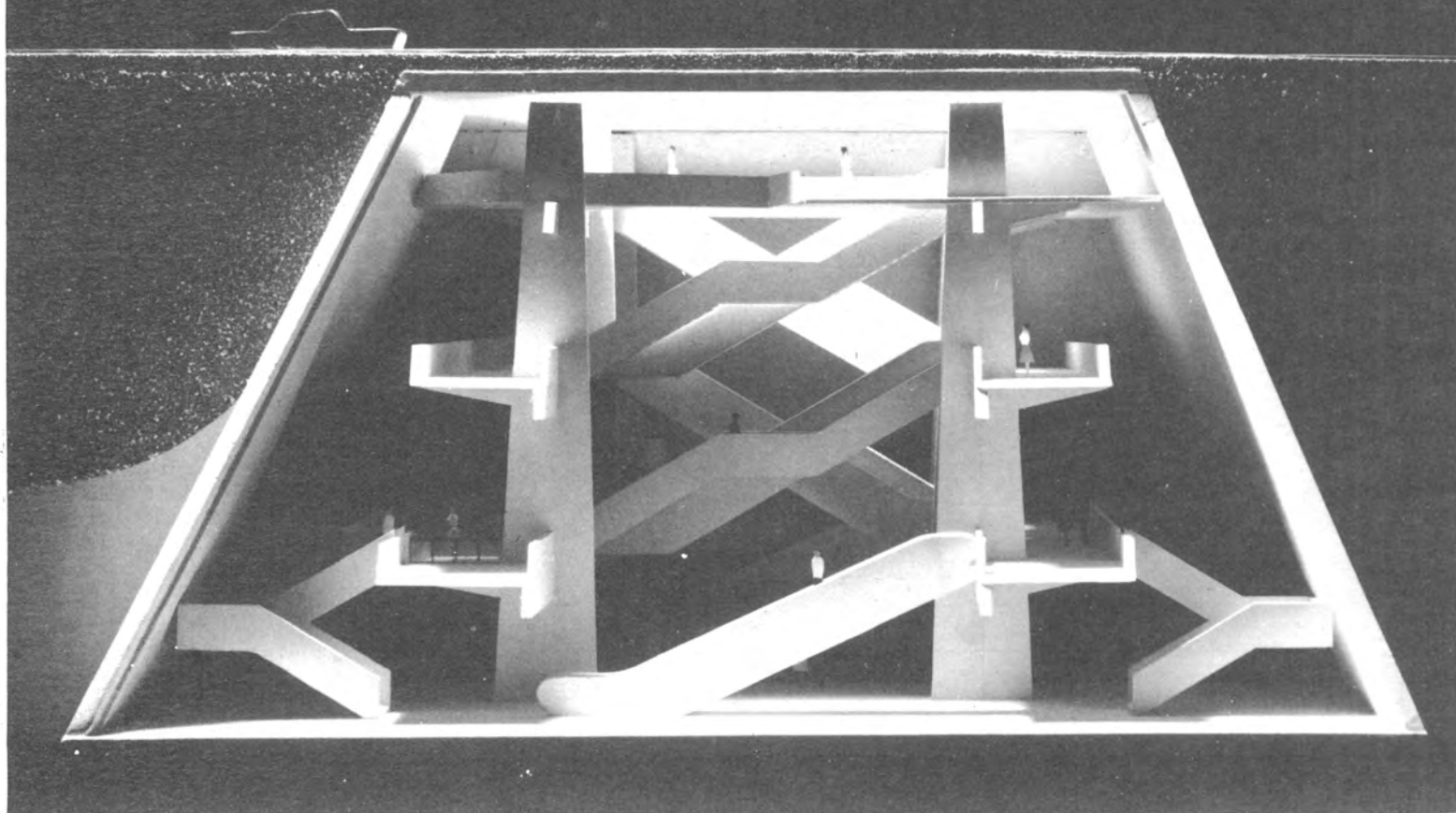
31.102 a



31.102 b



31.102 c



31.103



## 32. Execução dos trabalhos de construção civil na primeira fase

### 32.1. Divisão em Trechos

#### 32.1.1. Considerações Gerais

Os seguintes critérios foram adotados para a escolha do número e tamanho dos onze trechos em que foi dividida a Linha Norte-Sul com ramal Paraíso-Moema (Fig. 32.1)

- O funcionamento da Linha Norte-Sul deverá ser iniciado no máximo quatro anos e meio após o início dos trabalhos no primeiro trecho.
- A linha inteira deverá ser dividida em trechos de construção semelhantes, para que as experiências acumuladas pelas firmas contratadas possam ser intercambiadas e para possibilitar um processamento racional e planejado, capaz de permitir um aproveitamento econômico dos equipamentos e instalações auxiliares.
- Os trechos deverão ter tais dimensões que possam permitir um desenvolvimento ideal do serviço.
- O número de trechos deverá ser limitado de acordo com a capacidade das firmas de primeira categoria, a fim de garantir uma execução perfeita, facilitando os trabalhos de coordenação e fiscalização necessários.

Os diversos trechos da obra sugeridos cobrem as seguintes áreas:

**Trecho 1** — O trecho é de linha elevada de cerca de 3,1 km, compreendendo estações elevadas de Santana, Carandirú, Cruzeiro do Sul e Ponte Pequena.

**Trecho 2** — Um trecho subterrâneo de cerca de 1,6 km de comprimento construído pelo método "cut and cover", compreendendo a grande estação de baldeação Luz e a Estação Senador Queiroz. O trecho todo está situado abaixo de um túnel rodoviário projetado, e por motivos técnicos e econômicos será interessante executar os dois projetos — do metrô e do túnel — ao mesmo tempo.

**Trecho 3** — Um trecho de cerca de 1,4 km de comprimento com problemas técnicos consideráveis. Esta área abrange três trechos com escavação pelo método da couraça, que juntos dão aproximadamente 0,4 km de comprimento e um trecho de 1,0 km no sistema "cut and cover" com uma profundidade de até 25 m e áreas, que em parte deverão ser executadas pelo sistema de estacas

justapostas ou paredes-diafragma, assim como as Estações São Bento e Clóvis Bevilacqua, que oferecem também, por si sós, dificuldades técnicas particulares.

**Trecho 4** — Um trecho normal tipo "cut and cover" de cerca de 2,1 km com as três estações, Liberdade, São Joaquim e Aclimação. A profundidade do trecho varia de 8 a 18 m.

**Trecho 5** — Um trecho de execução complicada com cerca de 2,6 km de comprimento, compreendendo as Estações Paraíso e Tutóia, sendo cerca de 2,2 km em "cut and cover" e 0,4 km pelo método da couraça. Nos trechos 2 a 5 deverão ser esperados problemas de esgotamento de água em volumes variáveis.

**Trecho 6** — Cerca de 2,1 km de trecho do tipo "cut and cover" com menor grau de dificuldade. Profundidade entre 8 e 13 m, inclusive as estações subterrâneas Ana Rosa e Vila Mariana.

**Trecho 7** — Trecho com cerca de 2,2 km do tipo "cut and cover", com as mesmas características do trecho 6; a profundidade varia de 8 a 19 m. O trecho inclui as estações subterrâneas de Santa Cruz e Praça da Árvore.

**Trecho 8** — Cerca de 1,5 km, sendo 1,2 km subterrâneo, em "cut and cover", numa profundidade de 9 a 15 m e um trecho de 0,3 km em elevado, cruzando o vale ao sul da Estação São Judas. Inclui as estações subterrâneas Saúde e São Judas.

**Trecho 9** — Trecho em "cut and cover" com cerca de 2,0 km de comprimento, e profundidade normal. Inclui as Estações Conceição e Jabaquara.

**Trecho 10** — Instalações de oficinas com depósito e demais instalações assim como as respectivas áreas de estacionamento.

**Trecho 11** — Trecho em elevado de 2,4 km, com as Estações Ibirapuera e Moema, com características iguais às do trecho 1.

#### 32.1.2. Particularidades do trajeto Norte-Sul com ramal Paraíso-Moema

Pelo planejamento constante do cronograma das construções (Fig. 32.2) prevê-se que na primeira linha, com ramal Paraíso-Moema, o trecho incluindo as Estações São Bento e Clóvis Bevilacqua será o de construção mais demorada.

Dêsse trecho dependerá a data da inauguração do trajeto completo Norte-Sul.

Dentro dessa seção da obra estão situados quatro trechos de escavação pelo método da couraça que correspondem a oito trechos de via singela. Com um programa de execução bem estudado, poderá ser empregada uma só couraça.

Para o prazo de entrega desta área, as obras mais importantes são as Estações São Bento e Clóvis Bevilacqua e o trecho que as liga, pois, as condições topográficas e do solo, a densidade de edificações elevadas, o forte movimento de trânsito, assim como os problemas de interferência com instalações de abastecimento e serviços públicos, necessitarão de medidas técnicas demoradas e cumprimento rigoroso dos cronogramas de trabalho.

Nos parágrafos seguintes daremos sugestões para o plano de desenvolvimento dos trabalhos nos trechos escavados pelo método da couraça, bem como para a construção da estação Clóvis Bevilacqua.

#### 32.1.2.1. Tempos específicos da construção dos trechos escavados pelo método da couraça e sugestões para a programação do trabalho

Dentro do trabalho da Linha Norte-Sul, temos quatro trechos a escavar pelo método da couraça, que consistem de dois túneis de via singela cada um, sendo assim necessário escavar oito trechos de via singela, que perfazem um total de 0,8 km de comprimento.

Os trechos escavados pelo método da couraça são respectivamente:

- Na área da Estação Clóvis Bevilacqua, cruzam-se dois trechos sob o Palácio da Justiça (Fig. 32.3-ref. 1 e 2). Dois outros túneis (ref. 3 e 4) seguem por baixo das construções existentes em direção à Rua Boa Vista.
  - Na área da Estação São Bento, dois trechos individuais (Fig. 32.3-ref. 5 e 6), ligam a Estação São Bento com o trecho executado pelo método "cut and cover" da Av. Prestes Maia, passando sob o Mosteiro São Bento.
  - Na área da Estação Paraíso encontra-se a derivação para Moema em dois túneis de via singela (Fig. 32.3-ref. 7 e 8).
- Como já foi dito, sugere-se que estes oito trechos individuais sejam

escavados consecutivamente, usando apenas uma escavadora do tipo couraça. Como resultado de experiências acumuladas neste setor em obras anteriormente executadas deve mencionar-se que, constantemente, poderão ser introduzidos melhoramentos no equipamento de escavação. Se durante a execução deste primeiro trecho for resolvido iniciar um segundo, como por exemplo, do trecho Leste-Oeste, será necessário um segundo equipamento do tipo couraça o qual, com base na primeira experiência, poderá ser devidamente aperfeiçoado.

O cronograma anexo, com a demonstração dos tempos de execução dos trechos executados pelo método da couraça, mostra que o tempo total de construção de todos os trechos juntos, ref. 1 a 6, provavelmente levará 2 1/2 anos para ser concluído.

As áreas das Estações Clóvis Bevilacqua e São Bento com o trecho que as liga, serão terminadas bem depois dos trechos ref. 1 a 6, executados pelo método da couraça, conforme mostra a figura 32.3, tomando-se em consideração o planejamento de execução e os demorados trabalhos de preparação. Portanto, os trechos da ref. 1 e 6 não terão muita influência no prazo de entrega do trajeto Norte-Sul completo.

Para o planejamento de trabalho e definição dos prazos individuais foram tomadas as seguintes considerações e experiências: na área da Estação Clóvis Bevilacqua poderão ser iniciados sem maiores problemas os poços de partida para os trechos escavados pelo método da couraça. Os poços de partida n.º 1 e 3 estão localizados fora desta área de construção da estação, de modo que será possível um rápido início da instalação e avanço da couraça.

A posição dos poços de partida será escolhida de maneira a possibilitar o fornecimento de ar comprimido necessário ao avanço da couraça em todos os trechos individuais de ref. 1 a 4, produzidos por um conjunto de compressores instalados na Praça Clóvis Bevilacqua. Além disso, partiu-se do princípio de que somente nos poços de partida será necessária uma instalação mais complexa, ao passo que no poço de chegada haverá necessidade de escavar somente o espaço necessário para a retirada da couraça. Esta é também mais uma razão para abandonar-se a idéia de retornar com a couraça pelo túnel escavado, situando os poços de partida fora das áreas de construção das estações.





Fig. 32.1  
Linha Santana-Jabaquara: trechos de construção

Fig. 32.2  
Plano de execução da linha  
Santana-Jabaquara

Fig. 32.3  
Quadro cronológico do "shield"

Tem igualmente grande importância a disponibilidade, na área dos poços de partida, de espaço suficiente para a maquinária, para o transporte da terra escavada, para depósito dos elementos (tubbings) de túnel, etc., o que deve ser considerado na escolha do local para os poços n.º 1 e 3.

Os trechos escavados pelo método da couraça ref. 5 e 6, por motivos de falta de espaço suficiente, deverão ser iniciados num poço de partida dentro da área de construção da Estação São Bento. Aí a couraça só poderá entrar em ação quando a escavação da estação estiver pronta com o seu respectivo acabamento. Além disso, a escavação do projetado acesso da Av. Anhangabaú à estação deverá ter tais dimensões que permita a passagem da couraça.

Para a Estação São Bento o método de construção mais apropriado será o de paredes tipo diafragma, onde são introduzidos os pisos de diversos andares de cima para baixo conforme a escavação vai avançando e oferecendo o escoramento necessário.

Finalmente, foi considerado nos estudos e cronogramas, que a couraça só ficará à disposição das obras, no prazo de 9 meses da data da encomenda. Portanto, a máquina deverá ser encomendada logo após o início das obras.

Para a máquina semi-automática sugerida, calculou-se um avanço de velocidade média de 4,40 m por dia de trabalho.

### 32.1.3. Proposta para a distribuição da obra em trechos de serviços

Em virtude da escassez dos prazos, na contratação dos trabalhos de construção para os diferentes trechos da obra, seria de conveniência atribuir a responsabilidade de execução global dos mesmos, incluindo todos os serviços a um só empreiteiro, ou a um grupo idôneo de empreiteiros. Desta forma o órgão de fiscalização de obras da Prefeitura ou da Companhia do Metropolitano não precisaria preocupar-se com os problemas ligados à limitação da responsabilidade do cumprimento dos prazos parciais para os diferentes lotes de serviços, bem como à divisão de responsabilidade técnica. Além dos trabalhos da construção em bruto — que incluem como serviços específicos o movimento de terra com os respectivos serviços de proteção e refôrço (escoramento de vala, etc.), e eventual rebaixamento do lençol freático, bem como a

concretagem para a fabricação dos elementos da obra — deverão ser executados normalmente os seguintes tipos de serviços preliminares ou posteriores:

- 1) Remanejamento definitivo ou provisório de instalações (canalizações) de todos os tipos, para manter o suprimento geral e o das vizinhanças da obra, a saber;
  - a) antes do início da obra;
  - b) durante os trabalhos de construção;
- 2) Serviços de arruamento para desvios de trânsito;
- 3) Serviços gerais de proteção durante a execução da obra;
- 4) Os trabalhos de construção, propriamente ditos, que são completados pelos seguintes serviços individuais e especiais:
  - a) medidas especiais para rebaixamento do lençol freático;
  - b) serviços de estabilização do subsolo;
  - c) métodos especiais para refôrço da vala de construção, tais como: método com paredes-diafragma, método com parede de estacas moldadas justapostas, ancoragem lateral das paredes da vala.
  - d) refôrço das fundações dos prédios adjacentes.
  - e) serviços de impermeabilização.
- 5) Serviços de acabamento, incluindo as seguintes especialidades:
  - a) instalações hidráulicas, sanitárias e drenagem;
  - b) escadas rolantes;
  - c) elevadores;
  - d) instalações de ar condicionado nas áreas operacionais e de tráfego;
  - e) sistema geral de ventilação nas linhas e estações;
  - f) revestimentos de piso e paredes;
  - g) obras de arte (monumentos, artes plásticas, etc.);
  - h) instalações com isolamento acústico;
  - i) iluminação das estações e linhas;
  - j) bilheterias, lojas e similares;



Fig. 32.2  
Plano de execução da linha  
Santana-Jabaquara

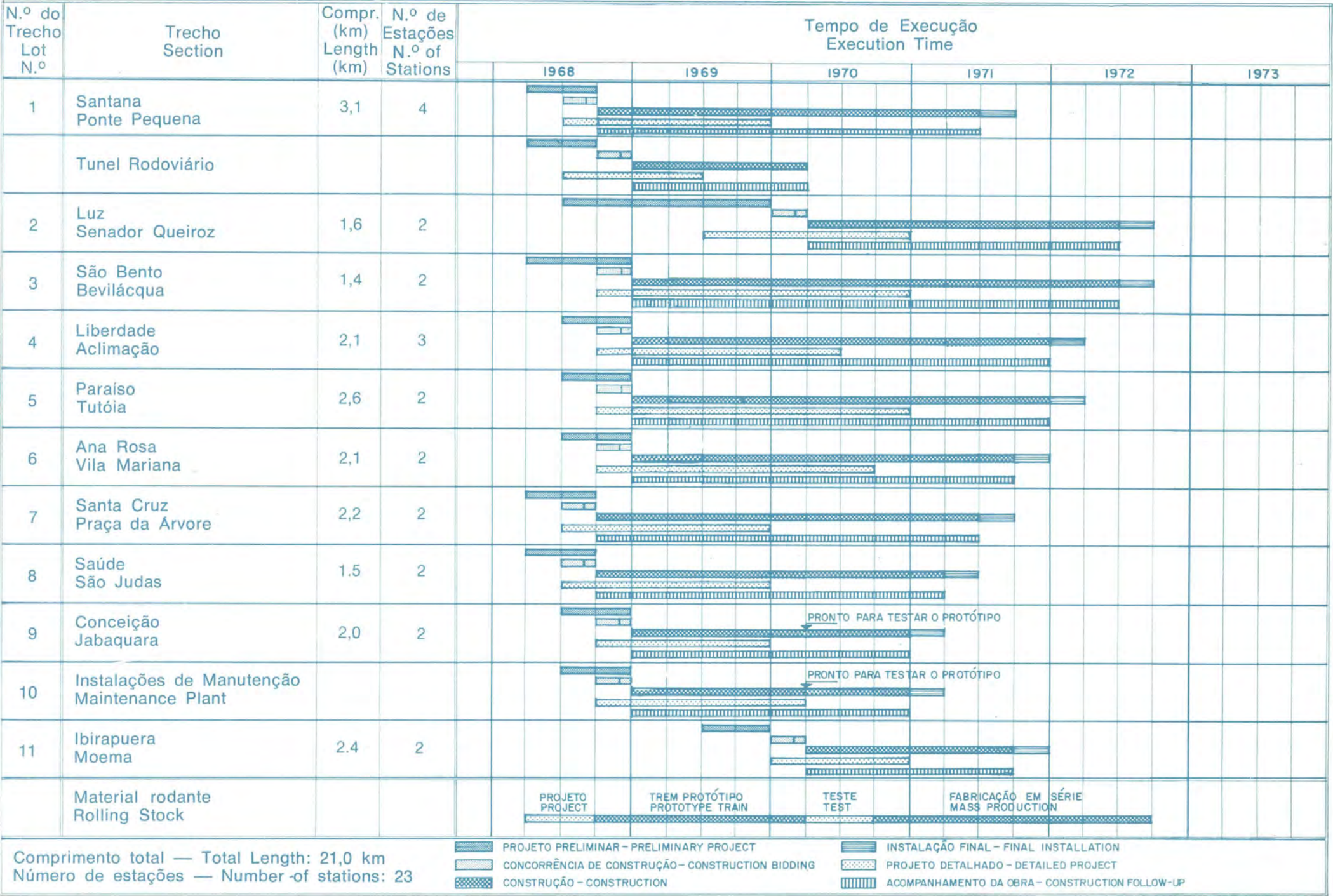
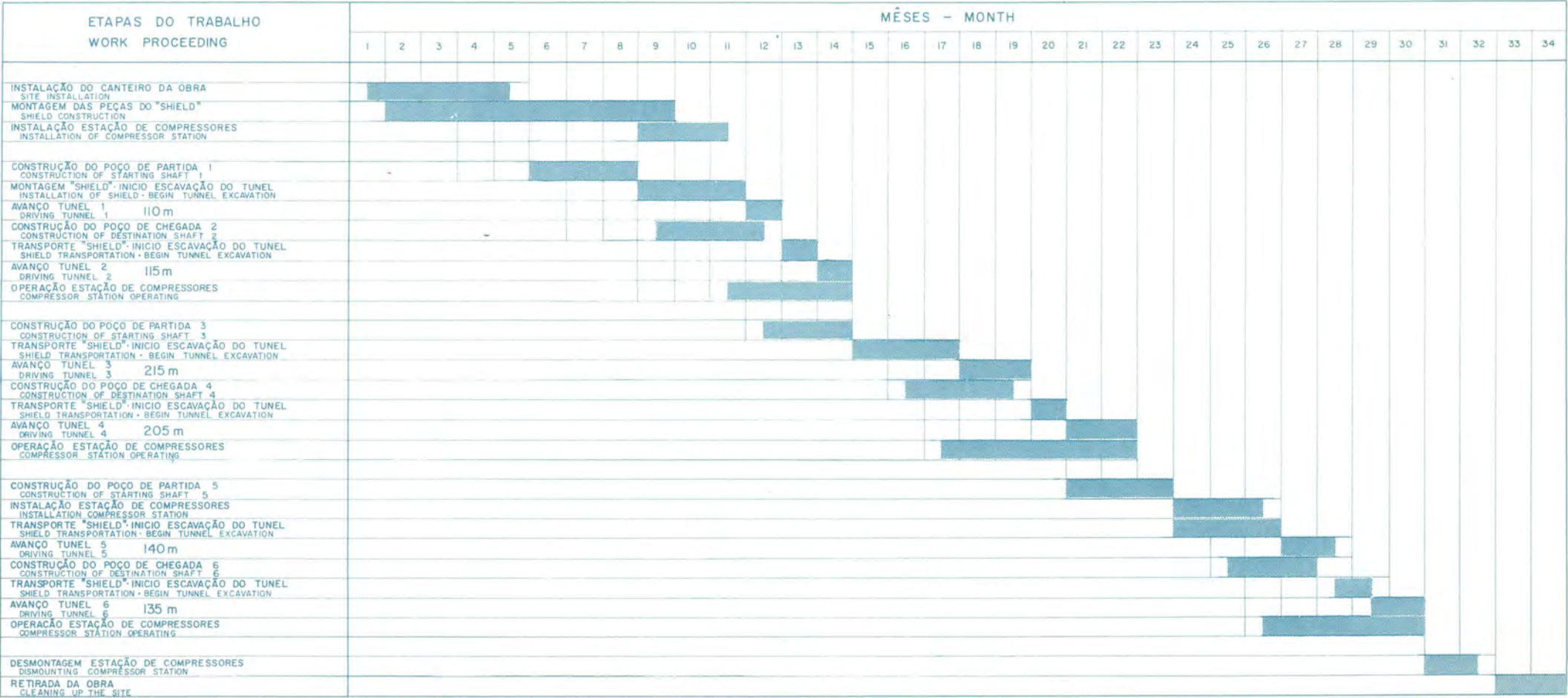
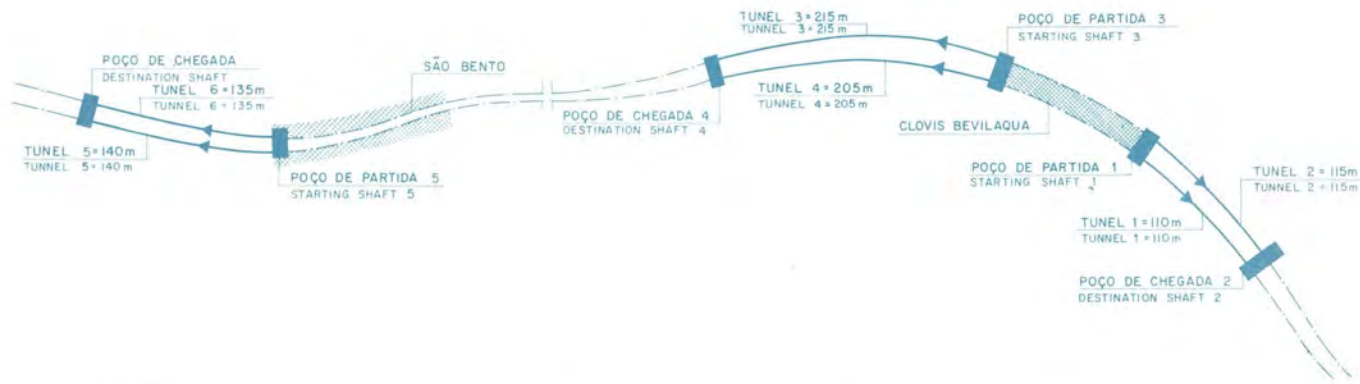


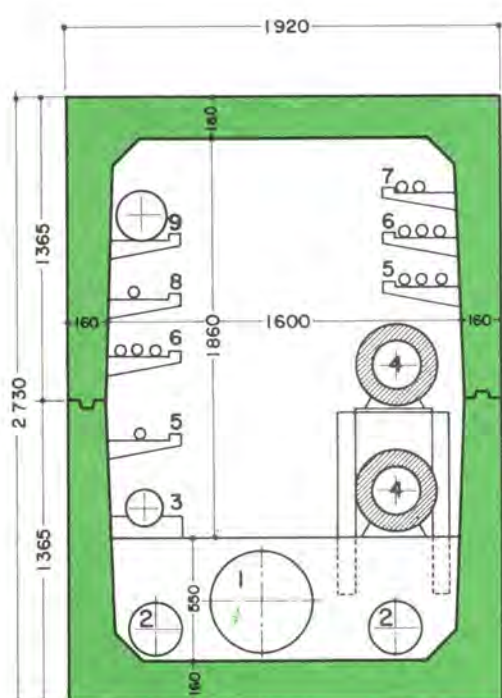
Fig. 32.3  
Quadro cronológico do “shield”

32.2



32.3





- 1 Águas pluviais
- 2 Esgotos
- 3 Água
- 4 Aquecimento
- 5 Cabos elétricos (6 KV)
- 6 Cabos elétricos p/ utilização doméstica
- 7 Cabos elétricos p/ iluminação pública
- 8 Correio
- 9 Gás

32.4

k) portas, portões, grades e demais serviços de serralheria.

Dos diferentes serviços citados, aqueles mencionados no item 1-a devem ser executados com suficiente antecedência, antes da construção do metrô propriamente dito, sob a supervisão das respectivas concessionárias de serviços. Os trabalhos similares que, conforme item 1-b, deverão ser executados durante o período da construção do metrô, deverão, por motivo de coordenação e responsabilidade, ser supervisionados pelas respectivas concessionárias de serviços, e executados pelas construtoras dos diversos trechos da obra, salvo em se tratando de serviços estranhos ao ramo, tais como, instalações elétricas, telefônicas e eventuais trabalhos de grande extensão nas redes de esgoto e abastecimento de água ou gás.

As providências mencionadas no item 2 deverão ser tomadas conforme o caso; para tanto poderão ser contratados subempreiteiros especializados. Os serviços de proteção e reforço mencionados no item 3 em regra deverão ficar sob a responsabilidade do respectivo empreiteiro.

A totalidade dos serviços mencionados no item 4 deverão permanecer sob a responsabilidade do empreiteiro principal dos trabalhos de construção, pelos motivos de responsabilidade citados inicialmente, sendo-lhe permitida a liberdade de subcontratar os serviços especializados. Dos serviços de acabamento, aqueles mencionados nos itens 5-a, f e h serão ainda incluídos no contrato do empreiteiro construtor, sendo que os restantes geralmente serão tratados com terceiros diretamente pelo contratante.

## 32.2. Influência sobre os trabalhos de execução das obras

### 32.2.1. Instalações urbanas de utilidade pública

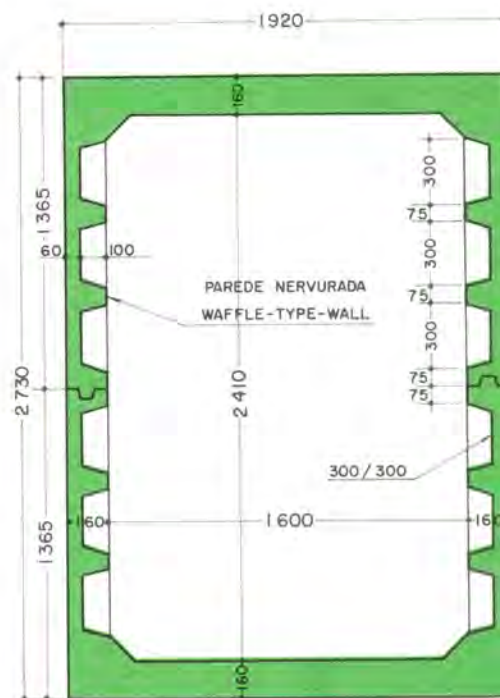
#### 32.2.1.1. Considerações gerais

As instalações para abastecimento de água, luz e força, gás, telefone, assim como esgotos, canalização de águas pluviais, etc., incluindo construções às vezes volumosas tais como, diversos tipos de caixas das redes de esgotos,

caixas de transformadores, etc., poderão influenciar bastante os prazos, custos e métodos de construção, conforme as suas dimensões, a profundidade em que se encontram e a sua localização em relação às instalações do metrô. Portanto, já no projeto do traçado do metrô deverão ser consideradas as instalações desse tipo existentes. Desta forma, em casos extremos, as grandes canalizações — como coletores tronco de grande diâmetro ou linhas de recalque de esgotos — poderão também determinar o traçado e a profundidade da obra do metrô. Geralmente, haverá a possibilidade de remanejar as canalizações, devendo ser evitadas modificações que piores o funcionamento das instalações existentes. A construção de sifões, que sempre são desfavoráveis para o funcionamento da rede, sobretudo quando instalados em canalizações de grande diâmetro, implica em extensas obras de construção e deverão ser evitados o mais possível.

Os remanejamentos definitivos e provisórios, bem como as construções auxiliares para apoiar ou suspender as instalações na área da construção do metrô, poderão representar consideráveis parcelas do custo total da obra. Assim, por exemplo, em um trecho de Berlim, de cerca de 3,5 km de comprimento, as despesas com os remanejamentos da rede de utilidade atingiram 16,2% do custo total da obra. Naturalmente, esse valor não pode ser generalizado devido à variação das condições locais. Apresenta-se, portanto, a necessidade de estudar separadamente o volume dos serviços requeridos pelos remanejamentos na rede de utilidades para a construção de um metrô, conforme as condições locais. Muitas vezes os custos reais divergem consideravelmente dos respectivos orçamentos. Desta forma, podem surgir custos adicionais, nos casos em que são encontradas canalizações ou condutores não constantes das plantas usadas para o projeto, ou então quando, pelo seu estado precário, as canalizações precisam ser substituídas.

Para obter uma visão sobre as providências a serem tomadas relativamente às instalações de utilidade, deverá ser feito o levantamento de todas as instalações, poços, caixas de transformadores, etc., que se encontrarem acima ou abaixo da superfície na área do traçado do metrô. Através desses dados, pode-se então determinar quais deverão ser remanejadas definitivamente ou provisoriamente e quais poderão permanecer no local da obra durante a construção. De acordo com o estabelecido, poderão ser projetadas e



32.5

orçadas as modificações, tendo em vista o bom funcionamento das diferentes redes. Finalmente, os trabalhos de modificação necessários deverão ser iniciados com suficiente antecedência, para não interferirem nos trabalhos de construção do metrô. Neste contexto também deverá ser examinada a conveniência de instalar as canalizações em galerias coletivas transitáveis.

Há mais de 100 anos já estão sendo utilizadas galerias transitáveis para canalizações, pois, as primeiras foram construídas em 1861, para as canalizações de suprimento em Londres. Assim, em Londres existem 20 km de galerias, em Paris 1950 km (sendo estas transitáveis, construídas para esgotos, mas permitindo o uso simultâneo para outras instalações), em Roma 140 km, em Nápoles 12 km e em Moscou no mínimo 150 km; além dessas, as cidades de Berlim, Hamburgo, Stuttgart, Leningrado e Washington também possuem galerias coletivas transitáveis.

Têm sido utilizadas as seções transversais mais diversas (circulares, abobadadas, quadradas ou retangulares) e os variados métodos de construção, sendo que a técnica moderna utiliza cada vez mais elementos pré-fabricados.

Quanto à disposição das instalações, são seguidos os critérios mais diversos. Assim, o problema de instalação de canalizações de gás e cabos de alta tensão na mesma galeria juntamente com as demais canalizações, tem sido julgado de diferentes formas. O Departamento Viário de Paris, por exemplo, recomendou em 1951 a construção de galerias coletivas, opondo-se porém, à instalação de canalizações de gás e cabos de alta tensão nas mesmas galerias, sendo que em Moscou é norma instalar as canalizações de gás de baixa pressão nas galerias coletivas. Naturalmente, são necessárias medidas de segurança para as instalações de gás; assim por exemplo, podem ser constatados os mínimos vazamentos de gás através da instalação de instrumentos indicadores especiais. A instalação de canalizações funcionando por gravidade (esgotos sanitários e águas pluviais) somente é possível para diâmetros pequenos e quando existem boas condições de declive.

Neste relatório não podem ser examinados detalhadamente todos os problemas quanto à técnica de construção, à tecnologia operacional e questões de ordem econômica.

Todavia, nos casos em que for necessário escavar as ruas em toda a

Fig. 32.4  
Galeria coletiva transitável; seção transversal

Fig. 32.5  
Galeria coletiva transitável; seção transversal

sua largura para a construção do metrô, será conveniente estudar a vantagem eventual da construção de galerias coletivas, para evitar futuros danos na pavimentação dessas ruas.

Como exemplo para uma galeria coletiva, na qual seriam instaladas todas as canalizações, a figura 32.4 mostra uma galeria desse tipo recentemente construída na Alemanha. Se houver muitas derivações para fora das instalações da galeria, as paredes poderiam ser nervuradas de forma similar à usada em Moscou, constantes do catálogo oficial de Normas e Padrões. Esse tipo está representando na figura 32.5. As placas das paredes nervuradas executadas com uma espessura mínima, podem ser facilmente perfuradas. Os perfis metálicos, embutidos nas nervuras das paredes e no teto, possibilitam a instalação de apoios para os cabos ou teto, possibilitam a instalação de apoios para os cabos ou a suspensão destes último na posição desejada. Conclui-se que, pela diversidade das galerias já executadas e pelas exigências das diversas instalações de suprimento, bem como devido às respectivas condições locais, não pode ser estabelecida uma regra geral. Precisa ser feito, isto sim, um estudo detalhado para cada caso específico, a fim de que possa ser encontrada a solução ideal.

#### 32.2.1.2. Influência da profundidade do metrô nas instalações de utilidade pública

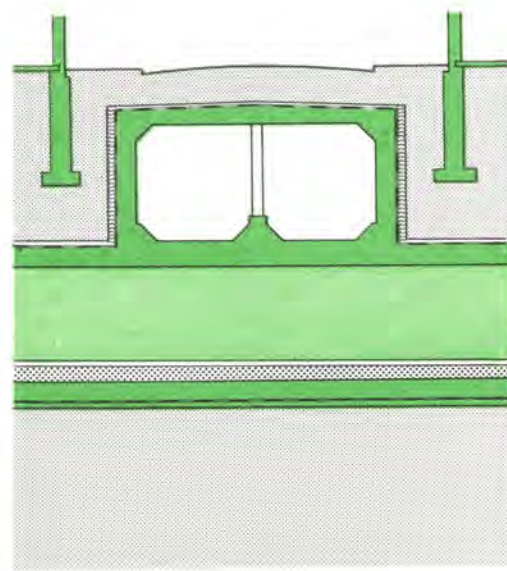
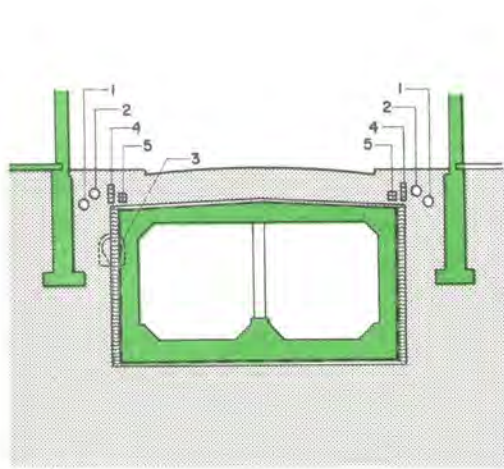
Conforme já foi mencionado, a profundidade do greide do metrô e o método de construção têm influência decisiva no volume dos trabalhos referentes às instalações de suprimento.

Na execução do metrô em elevado, as instalações subterrâneas oferecem pequenas dificuldades. Somente na área dos pilares podem ocorrer interferências. Em se tratando de canalizações transversais ao eixo longitudinal da linha elevada, os pontos de interferência podem ser evitados através de pequenos deslocamentos dos pilares no sentido longitudinal. De forma limitada isto também é possível, quando a linha elevada é construída com elementos pré-fabricados de comprimento constante, colocando-se neste caso consolos na parte superior dos pilares de apoio. As canalizações dispostas no sentido longitudinal à linha elevada em muitos casos poderão permanecer no seu lugar. Será apenas necessário tomar medidas adequadas na construção das fundações dos pilares (por exemplo cavaletes de estacas).



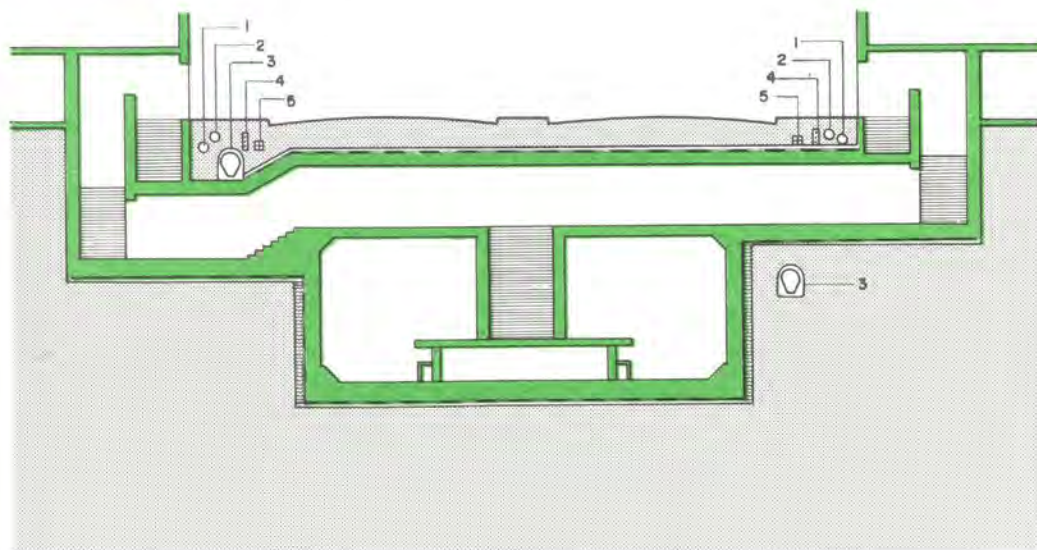
Profundidade: 1 x Altura do túnel

Profundidade: 2 x Altura do túnel



- 1 Água
- 2 Gás
- 3 Esgoto
- 4 Telefone
- 5 Luz

Profundidade: 1 1/2 x Altura do túnel



32.6

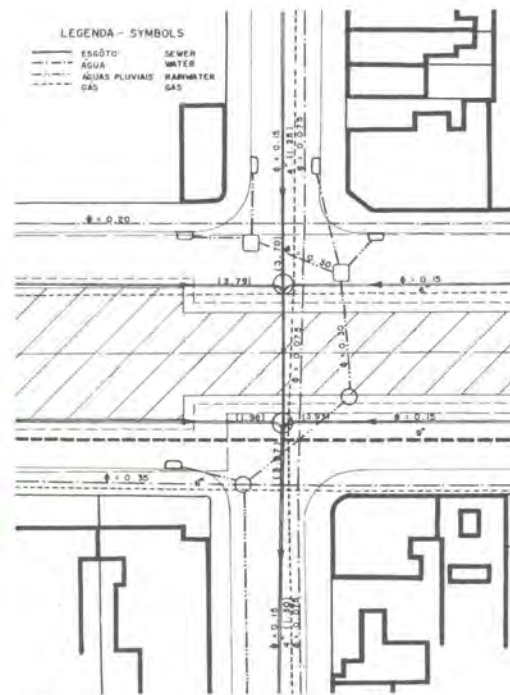
Essas providências, em geral, serão economicamente mais favoráveis do que o remanejamento nas redes de utilidades. As instalações aéreas deverão ser retiradas da faixa ocupada pelas obras de construção e passadas para os lados da rua. Da mesma forma, as instalações situadas na área a ser ocupada para a montagem das peças pré-fabricadas, deverão ser remanejadas pelo menos temporariamente. Nas ruas muito largas, que são condição prévia para a construção do metrô em elevado, não surgirão dificuldades técnicas de importância. Os cabos elétricos aéreos que cruzarem o traçado, deverão ser substituídos por cabos subterrâneos. Com a nova instalação dos cabos subterrâneos também poderão ser resolvidas as dificuldades referentes aos acessos para as estações elevadas.

Na execução do metrô subterrâneo são possíveis várias profundidades. Quando a profundidade da galeria é igual à uma vez a sua altura, isto é, quando a galeria tem apenas a cobertura mínima necessária para a reconstrução da pavimentação, todas as instalações situadas dentro da área do traçado deverão ser definitivamente remanejadas. Para tanto, dispõe-se apenas da área da rua ao lado do túnel (vide fig. 32.6/I). Quanto à instalação das canalizações subterrâneas, a profundidade abaixo da pavimentação causa grandes dificuldades nos pontos de cruzamento de ruas, em ruas estreitas e nos acessos.

Numa profundidade de galeria de 1 1/2 vezes a sua altura, isto é, quando a galeria se encontra numa tal profundidade que os acessos podem ser dispostos acima dela, na maioria das vezes será possível fazer passar

as canalizações transversais e longitudinais acima da galeria (vide fig. 32.6/II). Todavia, na área das estações, principalmente dos acessos, mesmo nessa profundidade surgirão dificuldades. Os cabos e linhas de pressão geralmente sempre poderão passar por cima dos acessos. Mas as instalações de gravidade, na maioria dos casos, encontrar-se-ão em profundidade demasiadamente grande para que isso seja possível. As soluções possíveis quando se verifica a existência dessas canalizações profundas são as seguintes: situar galerias de acesso na extremidade das estações, de forma que não passem sobre a parte mais elevada das estações, mas sim, pela galeria da linha que é mais baixa; inserir a galeria de acesso no teto da galeria do metrô; rebaixar a galeria de acesso por meio de rampas ou escadarias ao lado da galeria do metrô, e, finalmente, embutir as canalizações no próprio teto da galeria do metrô.

Numa profundidade do túnel de duas vezes a sua altura, isto é, quando o túnel do metrô se situa a uma tal profundidade que uma linha poderá cruzar por cima de outra, só poderão surgir dificuldades em casos isolados de instalações de esgoto muito profundas (vide fig. 32.6/III). As instalações situadas no traçado do túnel deverão ser igualmente remanejadas para a área ao lado do túnel, como no caso da profundidade de 1 1/2 vezes. As canalizações que cruzarem o traçado poderão ser sifonadas. Porém, como em profundidades grandes normalmente haverá canalizações de grande diâmetro, deverá ser verificado isoladamente se nesses casos não será preferível alterar o nível do metrô. Em trechos de túnel de profundidade maior ainda, não haverá mais



32.7

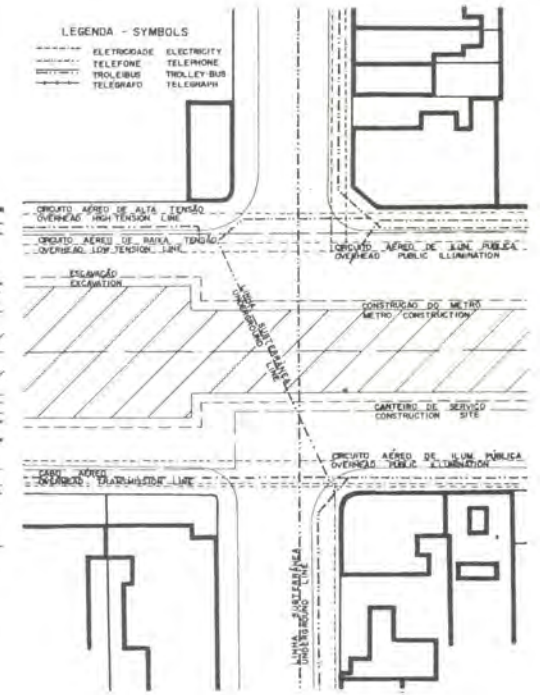


Fig. 32.6  
Influência da profundidade do Metrô na disposição das redes de distribuição

Fig. 32.7  
Planta do sistema de alimentação

interferências relativas à disposição definitiva das redes de serviços de utilidade pública.

### 32.2.1.3. Influência dos métodos de construção nas instalações de serviços de utilidade pública

A execução da galeria a céu aberto, que é a mais comum para metrô subterrâneos, ocasiona — pela sua própria natureza — as maiores dificuldades para as redes de serviços públicos. Todas as canalizações ou condutores que se encontrarem na área da vala de construção, deverão ser transferidas ou apoiadas, provisoriamente. As canalizações que cruzarem a vala de construção, poderão ser suspensas na própria vala, o que não oferecerá grandes dificuldades. As instalações de manilhas ou tubos de concreto, porém, deverão ser substituídas por canalizações provisórias de aço. No caso de canalizações longitudinais à vala de construção, em princípio, poderá ser procedido da mesma forma. Todavia, sempre que possível, essas canalizações deverão ser reinstaladas fora da vala de construção, pois, caso contrário, representarão um grande obstáculo durante a execução da obra. Nesse contexto, vale observar que as peças de escoramento horizontal das paredes da vala deverão ser calculadas também para a carga proveniente dos tubos apoiados nelas.

No início dos trabalhos de escavação, bem como na cravação dos perfis I ou na execução das paredes diafragma ou das paredes de estacas moldadas justapostas, as escavações deverão ser feitas manualmente até uma profundidade de no mínimo 1,50 m, para que possam ser localizadas as

canalizações cuja situação exata não for conhecida e para que as mesmas não sejam danificadas. A existência de canalizações não conhecidas em grandes profundidades, representa um sério problema, principalmente na execução de paredes-diafragma. Se forem atingidas, isto poderá ocasionar o vazamento da lama tixotrópica, o que, por sua vez, poderá causar o desmoronamento das paredes da vala. Supondo-se a existência de um número grande de canalizações não conhecidas, é recomendável que os painéis das paredes sejam feitos com comprimentos menores, ou então, que se adote o sistema de paredes de estacas moldadas justapostas. Outros problemas podem surgir com as linhas sensíveis a recalques que se situam dentro do prisma de ruptura do terreno, durante a cravação dos perfis e com as instalações situadas dentro da vala quando da compactação do reatêrro.

Na execução de trechos em túnel pelo método de mineração por couraça, as canalizações ou condutores não são atingidas, caso seja mantida uma profundidade suficiente. Canalizações e condutores localizados acima do túnel, sensíveis a recalques, correrão perigo devido aos recalques que ocorrem no avanço da couraça. Para evitar conseqüentes danos, nesses casos, muitas vezes foram aplicados métodos de consolidação do solo (processos químicos ou de congelamento).

Por outro lado, as instalações também representam um perigo para a execução pelo método da couraça. Assim poderá ocorrer — nos trabalhos sob ar comprimido, principalmente no caso de recobrimentos pequenos — escapamento de ar ao longo dessas canalizações.



#### 32.2.1.4. Instalações dos serviços públicos em São Paulo

As entidades encarregadas dos serviços públicos em São Paulo são repartições federais, estaduais e municipais, bem como empresas particulares. As mais importantes dessas instituições são:

Prefeitura do Município de São Paulo, DAE — Departamento de Águas e Esgotos, Light — Serviços de Eletricidade S/A., Serviço Municipal de Gás, CTB — Companhia Telefônica Brasileira, DCT — Departamento de Correios e Telégrafos, CMTC — Companhia Municipal de Transportes Coletivos, DET — Departamento Estadual de Trânsito.

Tendo em vista que no planejamento e na execução de quaisquer empreendimentos urbanísticos somente poderão ser obtidos bons resultados havendo consulta e colaboração oportuna de todos os departamentos interessados, a Prefeitura de São Paulo criou em 1966 o Grupo de Coordenação. Nesse Grupo, acham-se representados todos os órgãos responsáveis pelos serviços públicos, que se reúnem regularmente para coordenação dos trabalhos a executar nas vias públicas. Igualmente para estes Estudos Preliminares aquele Grupo foi de grande valia no fornecimento de informações para o projeto.

Neste último decênio, o extraordinário crescimento demográfico da cidade de São Paulo teve como consequência uma forte atividade no setor da construção. Por este motivo houve dificuldades na atualização do cadastro dos sistemas de canalização. Muitas vezes as plantas indicam apenas a localização aproximada das canalizações e das suas construções acessórias, mas nem sempre com dados atualizados. Assim sendo, os estudos exigiram que essas plantas fossem corrigidas ou completadas através de levantamentos no local.

Igualmente, as fortes diferenças na topografia da área urbana de São Paulo oferecem grandes dificuldades. Por isso, são encontradas canalizações e condutores em profundidades normalmente não utilizadas. Na Praça da Liberdade, por exemplo, existe uma canalização de drenagem de 2,80 m de diâmetro a cerca de 30,00 m de profundidade.

#### 32.2.1.5. Canalizações no traçado da Linha Norte-Sul

A fim de poder iniciar o remanejamento das canalizações com a necessária antecedência para não interferir com os trabalhos de construção do metrô, já foram executados no pré-projeto da linha prioritária Norte-Sul os seguintes estudos:

Para toda a Linha Norte-Sul, que tem seu início na Estação Santana e seu término na Estação Jabaquara, bem como para o ramal Paraíso-Moema, foram feitas plantas de situação e — conforme a necessidade — cortes na escala 1 : 500. Nessas plantas foram desenhados os perfis das galerias projetadas, bem como as larguras das valas de construção e as áreas necessárias para os trabalhos de construção. Para uma boa orientação, sempre que possível, foram marcados nas plantas os números dos edifícios, o número de andares e a profundidade de suas fundações.

Posteriormente, essas plantas foram remetidas através do Grupo de Coordenação, aos respectivos departamentos e companhias concessionárias, os quais desenharam nas mesmas as instalações existentes em cada uma daquelas propriedades.

Após a devolução dessas plantas, todas as informações foram passadas para uma planta geral. Para poder distinguir as diversas instalações representadas nas plantas, — e na falta de qualquer norma nacional — foi estabelecido um sistema de convenções baseado no projeto do Metrô de Munique (Alemanha), o qual permite uma boa distinção de todas as instalações, sem uso de traços coloridos.

Para melhor compreensão das plantas de instalações de utilidades, foi feita uma divisão, sendo executadas duas plantas de situação para cada trecho de linha. Assim, as canalizações de água, águas pluviais e gás, acham-se representadas numa planta e na outra planta, constam todas as instalações elétricas (exemplo disso, é mostrado na figura 32.7, constituído de um excerto das plantas 1 : 500). Por meio dessas plantas podem ser estudadas quais as instalações que devem ser transferidas definitiva ou provisoriamente, e quais poderão permanecer na área da obra de construção. Através dessas representações, as concessionárias podem estudar as providências necessárias para o remanejamento, etc. calculando-se também os respectivos prazos e custos. A coordenação das diversas providências deverá ser feita, finalmente pelo "Grupo de Coordenação". Para os serviços a serem executados para a Linha Norte-Sul foi elaborada uma documentação especial.

#### 32.2.1.6. Nova rede de esgotos

A pedido do DAE, o escritório de planejamento Hazen & Sawyer, de Nova Iorque, projetou uma nova rede de esgotos para a cidade de São Paulo. Nesse projeto, terminado em julho de 1967, foi proposta a construção de interceptadores ao longo dos rios Tietê e Pinheiros, os quais deverão receber os esgotos de coletores tronco, levando-os, em parte por linhas de recalque, a uma estação de tratamento primário de esgotos, situada junto à Reprêsa Billings.

Segundo esse projeto, os lodos retirados da Estação de Tratamento deverão ser depositados em local onde não causem prejuízo, ou então serão levados ao Oceano Atlântico. O efluente deverá ser conduzido à Reprêsa Billings para oxidação.

O projeto prevê o aproveitamento de coletores existentes, a substituição de outros cujas seções transversais se mostram insuficientes, e a instalação de novos coletores interceptores e linhas de recalque.

A rede secundária de coletores requer um estudo detalhado que ainda deverá ser feito.

Para a realização desse extenso programa, o projeto de Hazen & Sawyer propõe um programa de construção em etapas até 1979, o qual, portanto, poderá coincidir em parte com a construção de alguns trechos do metrô.

Apresenta-se, portanto, a necessidade de verificar com a devida antecedência, ambos os estudos, para verificar eventuais interferências

e, na medida do possível, estabelecer diretrizes gerais para o traçado e a disposição das canalizações nas áreas em que estas acompanhem ou cruzarem o traçado do metrô.

As interferências que já puderam ser verificadas, acham-se representadas em documentação especialmente preparada.

Recomendam-se as seguintes diretrizes gerais:

Nos trechos em elevado, as novas instalações deverão ficar a uma distância mínima de aproximadamente 4,00 m, medida do eixo central da construção do metrô até a face exterior das tubulações; essa distância só poderá ser diminuída em casos de exceção. Esta exigência normalmente não trará problemas, pois as linhas elevadas, em regra, se situam na faixa central de avenidas largas. Igualmente, as instalações que cruzarem as linhas elevadas não oferecerão dificuldades, pois, alternativamente, o traçado dessas canalizações, ou a localização dos pilares da linha elevada podem ser adaptados às conveniências.

As linhas e estações subterrâneas exigirão, muitas vezes, providências mais complicadas e dispendiosas para evitar interferências com a rede de utilidades. Podem surgir os seguintes casos:

**Caso 1: As canalizações se situam paralelamente ao eixo da rua e, portanto, paralelamente ao traçado do metrô.**

Nesse caso, as canalizações deverão ser instaladas fora da área ocupada pela construção do metrô. Quando a sua instalação for feita antes da construção do metrô deverá ser mantida em ambos os lados da rua uma distância mínima de 7,00 m a partir do eixo longitudinal da obra do metrô até a face exterior da canalização. Nas áreas das estações a situação se torna problemática. Nessas áreas se deve contar em regra com uma largura da construção de 10,00 m em cada lado do eixo longitudinal da obra. Todavia, todas as estações serão projetadas individualmente e dimensionadas distintamente, sendo necessária a verificação de cada caso em separado. Como os estudos até agora ainda não puderam fornecer dados suficientes a respeito, recomenda-se que as canalizações sejam aproximadas o mais possível do alinhamento dos edifícios. Em se tratando de coletores principais, será conveniente instalar os mesmos em ruas não ocupadas pelo metrô.

**Caso 2: As canalizações cruzam o traçado do túnel.**

Em princípio, os pontos de cruzamento deverão ser dispostos em trechos da linha, e não nas áreas muito mais largas das estações.

Através dos cortes longitudinais do traçado do metrô, deverá ser verificado para cada caso em separado, se as canalizações que cruzam o traçado deverão ser reinstaladas acima ou abaixo do túnel, sendo este último um caso de exceção.

A altura da construção do túnel, medida a partir do topo do boleto do trilho, representado na seção longitudinal do traçado, é calculada em cerca de 6,00 m. Havendo a necessidade de instalação prévia de canalizações acima do túnel a ser construído, as mesmas deverão ser projetadas de forma que possam ser

suspensas ou apoiadas na vala de construção do metrô. Para as canalizações que cruzarem por baixo o traçado do metrô, e cuja construção estiver prevista para depois da construção do metrô, deverão ser tomadas providências para a sua instalação nas áreas de cruzamento por ocasião da construção do túnel.

Contam-se ainda como áreas críticas aquelas nas quais o traçado passa de elevado para subterrâneo. Nesses casos, deverão ser elaboradas soluções individuais, sempre que houver interferências.

#### 32.2.2. Projetos rodoviários e ocupação de áreas circunvizinhas

Para a construção das instalações do metrô, será necessária a desapropriação de uma série de imóveis existentes dentro de uma determinada faixa ao longo do seu traçado. É evidente que se registrarão vários casos de intervenção temporária em terrenos de terceiros, que serão ocupados unicamente durante as obras do metrô. Porém, na maioria dos casos, as desapropriações de áreas necessárias para as construções da linha do metrô serão definitivas.

Tanto o volume, como o tipo das medidas a serem tomadas, dependem do método de construção das instalações do metrô.

Nos trechos de via elevada, somente haverá desapropriações em locais onde o acesso às estações não puder ser feito pela via pública por falta de espaço ou onde haja necessidade da instalação de subestações necessárias ao fornecimento de energia.

Desde que o traçado das vias elevadas se mantenha dentro de uma via pública, não serão feitas desapropriações. Se, entretanto, a via divergir para dentro de áreas edificadas, deverão ser adquiridas largas faixas, onde serão demolidas as edificações existentes.

Nos trechos de construção em galerias a céu aberto surgirão problemas de desapropriação ou aquisição de imóveis, nos pontos onde a localização do acesso às estações coincidir com edificações existentes. Para algumas das estações em locais de áreas muito limitadas deverá ser criado o espaço necessário para a execução das obras através da aquisição de imóveis.

Nos trechos entre as estações deverão ser adquiridos, outrossim, vários imóveis com a finalidade de permitir a instalação de saídas de emergência e dos poços de ventilação.

Por outro lado, o traçado do metrô em alguns trechos em galeria construída a céu aberto atingirá áreas edificadas, as quais deverão ser igualmente adquiridas e as edificações existentes demolidas.

Todas estas áreas receberão posteriormente feições urbanísticas novas.

Nos trechos em túnel, construídos pelo método de couraça, somente serão necessários terrenos adicionais para a instalação dos canteiros de serviço e, eventualmente, para os poços de partida e chegada.

Finalmente, no traçado do metrô foram levados em consideração todos os projetos urbanísticos importantes referentes às vias públicas, como alargamento ou abertura de ruas.



Fig. 32.8  
Linha Santana-Jabaquara: desvio do tráfego

Também aqui haverá desapropriações, em decorrência e função dos projetos citados, que indubitavelmente contribuirão para favorecer a instalação do metrô.

Todos os projetos de melhoramento das vias públicas, dentro da área da linha prioritária Norte-Sul se encontram compilados no anexo A 32.2.2.

### 32.2.3 O trânsito nas ruas e os desvios necessários

A execução das obras do metrô muitas vezes terá uma interferência desfavorável no trânsito. Assim, de um lado a área das ruas reservadas ao trânsito sofrerá alteração na sua finalidade original devido às construções elevadas e subterrâneas e, por outro lado, surgirá um tráfego adicional em virtude da movimentação do equipamento pesado, do transporte de terra escavada, de materiais de construção e de concreto pré-fabricado.

Além do estorvo geral do trânsito, ainda serão prejudicados os vizinhos da obra. Assim, poderá ficar impedida a carga e descarga de caminhões com mercadorias para a indústria e o comércio, bem como o movimento do público nas repartições públicas, bancos e lojas. Os moradores das ruas, onde houver obras, poderão ter dificuldades em alcançar suas residências e poderão ser incomodados pelos ruídos causados pela construção. Outrossim, uma parte do trânsito nas ruas circunvizinhas precisará ser desviada (Fig. 32.8). Os veículos impedidos de transitar pela área da obra, serão obrigados a recorrer a outras áreas de tráfego, o que poderá trazer grandes problemas, principalmente nas horas de pico (horas do "rush").

É imprescindível reduzir tôdas essas desvantagens ao mínimo possível. Para tanto, o cronograma da construção deverá ser estabelecido em conjunto com o Departamento Estadual de Trânsito, para evitar que as dificuldades inerentes às obras se acumulem, tornando-se insuportáveis para uma parte da cidade. O progresso de uma obra e o início dos trabalhos em outra no mesmo distrito deverão ser tão bem coordenados que sejam reduzidos ao mínimo os obstáculos ao tráfego que atravessa aquele distrito, bem como ao respectivo tráfego de origem e destino. Deverá ser elaborado um esquema para que, no caso de repentinas e fortes chuvas ou tráfego mais intenso devido a feriados ou outros acontecimentos públicos, não surjam dificuldades tais que se paralize o tráfego geral na respectiva área.

Os desvios provocados pelas obras deverão ser determinados juntamente com o Departamento Estadual de Trânsito, de acordo com o cronograma pré-estabelecido. Esses desvios deverão ser assinalados por meio de tabuletas e demais dispositivos indicadores, devidamente iluminados à noite, para que por si só orientem perfeitamente mesmo as pessoas que não conheçam a região. Deverá haver um plano sobre os desvios do tráfego das ruas que abranja toda a linha e dê uma visão perfeita das possibilidades de desvio para áreas vizinhas.

Nos locais das obras deverá haver possibilidade de um trânsito transversal em determinados intervalos. Outrossim, deverá ser considerado o tráfego de caminhões

nas vizinhanças, a menos que este não possa ser suspenso durante o período das obras. Deverá ser proporcionado livre acesso aos hospitais, pronto-socorros, corpo de bombeiros, postos de serviços públicos.

Para os pedestres deverão ser criadas passagens seguras e, a distâncias adequadas, passagens transversais, cuja largura deverá corresponder às condições locais, de forma que mesmo nas horas de pico (horas do "rush") não se formem aglomerações perigosas. Essas passagens para pedestres deverão ser bem iluminadas durante a noite, devendo haver ainda um fácil escoamento de águas pluviais. Para essas passagens poderão ser utilizados pranchões de madeira ou pontões de rápida montagem. As paradas de ônibus deverão ficar a uma distância adequada das obras, para que a fila de passageiros não prejudique ainda mais o exíguo espaço disponível.

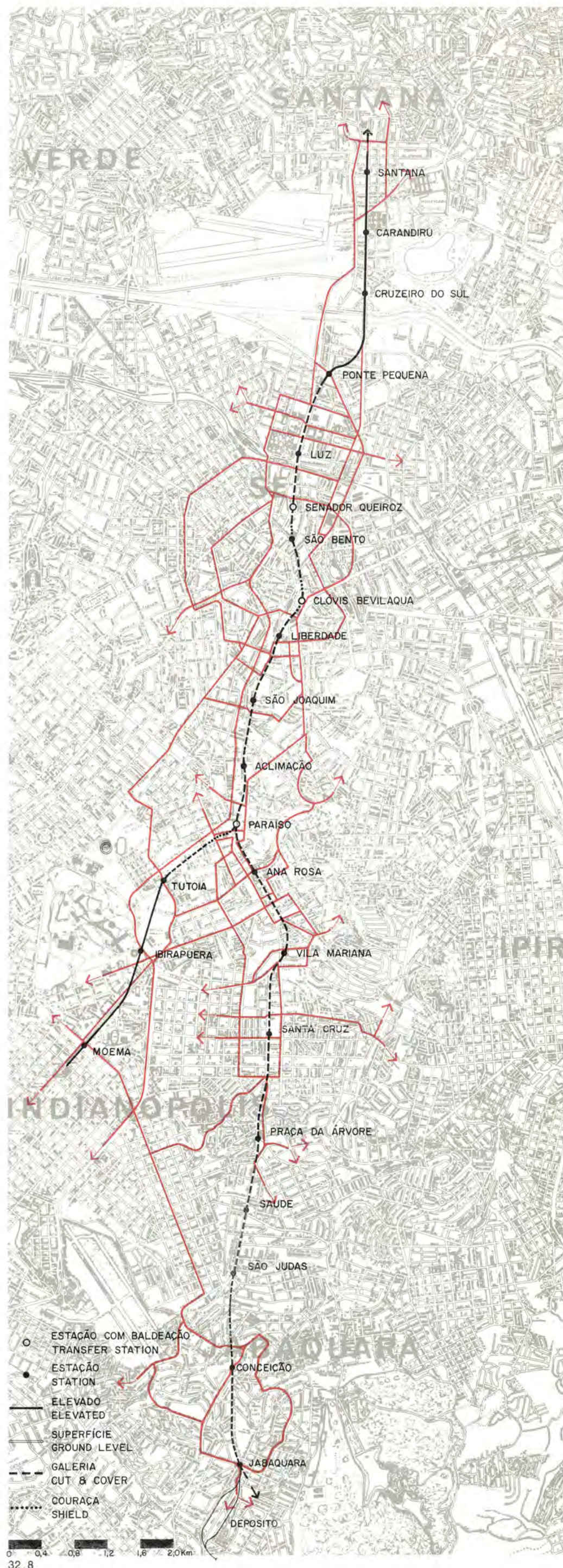
Sobre as valas de construção abertas nos pontos críticos do tráfego, deverá ser colocado um pontão provisório, para o trânsito de veículos por aquele local. Como esta dispendiosa medida provisória estorva o trabalho na vala, a mesma só deverá ser aplicada quando for realmente indispensável.

Os reflexos das obras do metrô sobre o tráfego público dependem em grande parte do método de construção aplicado.

1) **Via elevada** — as vias elevadas só estão previstas para as largas avenidas. As obras de construção não constituem grande obstáculo ao trânsito. Os serviços de escavação para as fundações das edificações e pilares têm pouca influência sobre o tráfego. Todavia, poderão surgir problemas locais nas construções, mais largas, das estações, principalmente nos locais onde os acessos para passageiros atravessarem a pista das ruas. Em virtude de terem sido escolhidos elementos pré-fabricados para a respectiva superestrutura, essas dificuldades serão restringidas a um mínimo. Será somente necessário mais espaço para as atividades da maquinaria de construção e montagem das peças pré-moldadas; para tanto, será o suficiente providenciar a interdição temporária das ruas naquela área.

2) **Construção de túnel a céu aberto** — com esse método, em geral são seguidos os traçados das ruas, evitando edificações existentes ou terrenos de propriedade particular, para reduzir as dispendiosas desapropriações. Esse método se caracteriza pela escavação de uma vala de construção e posterior execução do túnel na vala aberta. Esses trabalhos demorados exigem a interdição do trânsito. Por outro lado, este método de construção é o de execução mais econômica e por isso mesmo o que é preferido. Todavia, os custos relativamente baixos desse método, poderão ser aumentados devido a complexos remanejamentos nas redes dos serviços de utilidade pública.

Para reduzir as inconvenientes interdições de ruas a um mínimo e para evitar os anti-econômicos pontões sobre as valas, para o tráfego, nestes últimos anos foi experimentado um novo processo, denominado "método Milanês". Neste método são construídas as paredes da vala em duas valas laterais estreitas, procedendo-se depois à escavação da rua até o nível que corresponde à espessura da cobertura do túnel,





sendo então construído o teto do túnel e refeita a pavimentação da rua.

A escavação do túnel prossegue sob a cobertura construída. Desta forma, a rua só fica interditada pouco tempo. Mas o método Milanês nem sempre é aplicável, sendo também muito mais caro.

**3) Construção de túnel pelo método de mineração** — O método de construção de mineração, que no caso é executado com máquina couraça, tem pouca influência direta sobre o tráfego nas ruas e geralmente não requer interdições durante o período de construção. No entanto, esse método é muito mais caro do que o outro. Os reflexos indiretos sobre o tráfego nas ruas pelo transporte de terra escavada e, principalmente, pelo transporte das grandes e pesadas seções do anel de aço ou concreto pré-moldado, são consideráveis. Todavia, o avanço da couraça sem morosas interdições do tráfego nas ruas, bem como a freqüente possibilidade de poupar as complicadas e dispendiosas transferências de canalizações, compensam em muitos casos os elevados custos do método couraça.

Conforme já foi mencionado, os transportes relativos às obras de construção propriamente ditas, requerem providências especiais, pois deverão estorvar o menos possível o trânsito geral.

Os equipamentos pesados e os veículos sobre esteiras transportados em caminhões-reboque, bem como as pesadas peças pré-fabricadas das vigas de aço ou concreto e as seções do anel do túnel, somente deverão ser transportados à noite, com a aprovação do Serviço de Trânsito.

O transporte da terra escavada depende primeiramente do método de construção. Quando o túnel é executado em vala aberta, o transporte poderá ser feito unicamente por caminhões. O trajeto da obra até o local da descarga deverá ser fixado com a aprovação do Departamento Estadual de Trânsito. Como o processo de escavação segue um determinado ritmo, se deve contar com um movimento de caminhões praticamente ininterrupto. As condições locais deverão determinar se haverá interrupções locais do trabalho durante as horas do "rush", ou se o material escavado deverá ser depositado temporariamente no próprio local e transportado durante as horas da noite.

Sendo executado o método que permite a cobertura imediata da vala e o prosseguimento do tráfego na superfície, o transporte da terra escavada poderá ser feito no próprio túnel durante o andamento dos serviços, utilizando-se, por exemplo, correias transportadoras. Desta forma, o transporte na rua dar-se-ia apenas a partir do início do túnel. Esse processo também se aplica ao método de mineração, ou seja, na escavação do túnel com máquina couraça. Os locais para a descarga da terra escavada e respectivas capacidades deverão ser indicados previamente pela Prefeitura Municipal. O fornecimento do concreto pré-fabricado deverá ser feito, a partir de instalações centrais, na superfície das ruas com caminhões betoneiras de transporte até o respectivo local de aplicação, em virtude da preparação do concreto na obra requerer grandes áreas livres, não disponíveis no centro da cidade. Além disso, estas áreas também exigiriam acessos à obra e não dispensariam o fornecimento de matérias primas, como cimento, areia e pedregulho.

As conseqüências da construção do metrô sobre o trânsito e os meios de transporte urbanos e suburbanos, exigem uma coordenação muito bem planejada e a estreita cooperação entre a direção das obras e as repartições públicas, principalmente da Prefeitura, do Departamento Estadual do Trânsito e das Companhias de Transporte Coletivo. Para tanto, recomenda-se criar um grupo de trabalho que coordene as providências para solucionar os problemas que surgirem e as apresente aos órgãos competentes para aprovação.

#### 32.2.4. Influências meteorológicas

As condições meteorológicas na área do Grande São Paulo são intimamente ligadas à sua localização geográfica, isto é, próxima ao mar e numa altitude de cerca de 800 m.

A temperatura média anual é de 17,5°C, e verificaram-se temperaturas máximas até 32°C, especialmente nos meses de dezembro e janeiro, quando também ocorreram chuvas mais intensas. As temperaturas mínimas são registradas geralmente em agosto e giram em torno de 3°C.

A umidade relativa do ar foi medida nos últimos cinco anos entre 60 e 87%, com média em 78%.

Ventos fortes são raramente registrados dentro da área ocupada pelo Grande São Paulo.

As precipitações anuais de 1.300 mm em São Paulo se concentram particularmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, pois, nesta época se registram aproximadamente 50% das precipitações anuais. Incluindo-se os meses de novembro e março esta cota se eleva até 75% da quantidade total anualmente observada.

Sendo as chuvas, um dos fatores meteorológicos mencionados, mais freqüentes no verão, irão influenciar o andamento de certas obras, exigindo medidas adequadas para a sua proteção.

#### Medidas de proteção nos trechos "cut and cover"

A fim de evitar o perigo de uma inundação da vala, pelas águas pluviais acumuladas na superfície, nos trechos "cut and cover", esta é cercada por uma parede de cerca de 50 cm de altura, construída com estacas no solo de forma que não fiquem rentes ao nível da superfície. Entre as estacas, são dispostas pranchas com mata-juntas de madeira ou outro material apropriado. Diques de terra no lugar da parede não oferecem a segurança necessária, pois estão sujeitos a ser arrastados pelas águas. A parede acima mencionada deve ser construída, tanto nos lados quanto nas cabeceiras da vala. Outrossim, deve ser previsto perto dos poços de partida um certo estoque de pranchas pesadas, que possam ser utilizadas como reforços da parede protetora acima descrita. A área da obra fora da vala deve ser mantida o mais limpa possível, particularmente de terra, para evitar um enlameamento da rua, durante as chuvas. Dentro da vala propriamente dita, deve ser previsto um declive suficiente em direção aos poços de bomba para que a água pluvial possa escorrer livremente e não encharcar o solo. É, todavia, de suma importância que se tenha à mão, no local da obra, um número suficiente de bombas de lama.

Quando a profundidade desejada da vala for atingida, deve-se concretar imediatamente a base, mesmo em se tratando de uma superfície pequena.

Tendo em vista as dificuldades de um fornecimento oportuno de pequenas quantidades de concreto por uma central de betoneiras ou uma usina de concreto, deverá ser prevista, no próprio local da obra, ou em sua vizinhança, a instalação de uma betoneira de pequena capacidade com correspondente estoque de cimento, pedra britada, etc.

Aliás, os trabalhos devem ser planejados de forma tal que as escavações possam ser executadas, sempre que for possível, fora da época de chuvas.

Mesmo assim, para reduzir eventuais atrasos da obra provocados por precipitações intensas de verão, poder-se-á estudar a cobertura parcial da vala. Numa vala de largura de 13 m é relativamente fácil colocar uma cobertura com elementos removíveis, isto é, um par de tesouras de madeira pregada, dispostas em cada 3 ou 4 metros.

Unem-se estas últimas com terças e caibros para elementos removíveis, que poderão ser cobertas com uma lona. Um guindaste para a remoção destes elementos deve encontrar-se no local da obra. Protegidos pela cobertura, se pode executar os trabalhos de revestimento e armadura mesmo durante fortes chuvas.

#### Medidas de proteção nos trechos construídos pelo método da couraça

Apenas os poços de partida e chegada nos trechos construídos pelo método da couraça sofrem a influência das águas pluviais.

A proteção dos referidos poços contra inundação é semelhante a das valas dos trechos "cut and cover".

Entretanto, os poços devem ser providos de fundos de concreto em declive cerca de 0,50 — 1,00 m abaixo da base dos túneis, a fim de evitar a entrada da água nestes últimos ou a inundação das instalações para o transporte de material. A água proveniente das chuvas será acumulada em poços especiais de onde será bombeada.

Também aqui, para reduzir a quantidade da água pluvial nos meses de maior precipitação, se podem proteger os poços por meio de elementos de cobertura removíveis.

#### 32.3. Equipamento pesado e espaço necessário para a construção

Para a execução contínua dos serviços de construção, é necessário haver equipamentos adequados, alguns dos quais foram especialmente projetados através de experiências colhidas na construção de metrô subterrâneos, e são hoje considerados imprescindíveis para um rápido e econômico andamento dos trabalhos.

Geralmente, a escolha desse equipamento está limitado pelo espaço reduzido das áreas de construção e trabalho disponíveis, o que muitas vezes exige que parte das oficinas e depósitos seja instalada a considerável distância da obra propriamente dita.

#### 32.3.1. Equipamentos pesados

A escolha dos equipamentos pesados depende essencialmente do método de construção usado em cada trecho da obra, conforme adiante se encontra descrito.

##### 32.3.1.1. Equipamentos para construção de galerias a céu aberto

Nesse tipo de construção, as paredes da vala quase sempre são executadas pelo método Berlinense ou pelo método Hamburguês.

Os trabalhos começam com a cravação das estacas metálicas em perfis H, para o que são utilizados bate-estacas com altura útil de 15 a 25 m, dependendo da profundidade da vala. Atualmente, em lugar dos bate-estacas a vapor que são difíceis de locomover, são usados bate-estacas sobre esteiras ou escavadeiras com os dispositivos bate-estaca constituídos por martelos diesel, com 1.200 a 2.200 kg de carga dinâmica. As vezes esses martelos são substituídos por martelos elétricos vibratórios, presos à torre.

Esse método nem sempre é aplicado satisfatoriamente, pois, frequentemente não se pode prever se o subsolo permite ou não a cravação dos perfis por vibração. Quanto aos incômodos causados aos moradores das vizinhanças, verificou-se que o bate-estacas comum produz ruídos mais fortes, porém, de curta duração, enquanto que o martelo vibratório, apesar de menos ruidoso, causa abalos desagradáveis.

Para o bom funcionamento de um equipamento vibratório elétrico, é necessário um grupo diesel de 300 kVA; por este motivo, dever-se-á verificar se o aumento da eficiência justifica o custo mais elevado da instalação.

Os mencionados martelos vibratórios provaram ser ideais para a retirada das estacas. Todavia, em geral são usados os aparelhos convencionais, acionados a vapor, ar comprimido ou diesel. Nos casos em que possam ser empregados com eficiência, a retirada dos perfis será feita por meio de macacos hidráulicos.

Nos locais onde, em virtude das condições do solo ou dos ruídos excessivos, for impossível a cravação dos perfis ou sua colocação por vibração, deverão ser feitos, previamente, furos adequados para a colocação dos perfis.

Geralmente, estes furos têm um diâmetro de 60 a 80 cm e — quando necessário — são revestidos com um tubo (camisa), ou são reforçados com lama de bentonita.

Os furos quase sempre são executados por aparelho perfurador comum, formado por tripé e cabos de aço; como ferramentas de perfuração são utilizadas caçambas de garra, perfuratriz de percussão, bombas ou brocas.

Para aumentar a sua capacidade, esse equipamento muitas vezes é montado sobre pneus ou até mesmo esteiras e é equipado com martelo para cravação de tubos de perfuração.

Outra variante do equipamento para cravação dos tubos, é um dispositivo suplementar com o qual o tubo é movido hidráulicamente, facilitando a sua cravação. Esse equipamento também é fornecido





32.9

Fig. 32.9  
Galeria a céu aberto; concretagem usando ponte rolante do tipo pórtico

Fig. 32.10  
Galeria a céu aberto; escavação e perfuração para estacas



32.10

como peça complementar da escavadeira e, além da caçamba com garras, também possui brocas.

Além da perfuração por percussão, também é usada a perfuração giratória — a qual contrariamente à primeira — permite perfuração contínua.

Na aplicação desse método em construções de vias subterrâneas de metrô, em geral a perfuração é feita “a seco”; o processo mais satisfatório encontrado até agora, é a perfuração a seco com equipamento Caldwell. (Fig. 32.10). Este é formado por uma mesa giratória, acionada por um motor diesel, montada na lança da escavadeira. O acionamento da perfuratriz, é feito por intermédio de uma barra telescópica. A perfuratriz é constituída por um balde com broca helicoidal e com caçamba no fundo; quando for necessário, poderá ainda ser instalado um dispositivo para corte em forma de cinzel. De uma forma geral, se pode dizer que este método é o mais adequado para solos coesivos e secos.

Tem sido usado o método de perfuração por sucção com adição de água, mas este processo apresenta dificuldades, principalmente quando é usado em ruas estreitas.

Na sequência dos trabalhos e de escavação da vala são colocadas as estroncas; havendo pouco espaço para o trabalho, usa-se um guindaste de pórtico sobre trilhos, com uma largura de aproximadamente 12 m, equipado com talha rolante (Fig. 32.9). Quase sempre os respectivos trilhos são colocados no topo dos perfis de escoramento. Geralmente o guindaste possui mecanismo elétrico de translação e talhas elétricas. Caso haja suficiente

espaço nos lados da vala, serão utilizados guindastes automotores com cerca de 5 t de carga útil e 15 a 20 m de alcance da lança.

As ferramentas a serem usadas para escavação da vala dependem da possibilidade de se retirar a terra escavada para os lados da vala, ou somente no início e no fim da mesma. No primeiro caso, havendo ruas transversais a distâncias não muito grandes, a terra escavada na vala é amontoada com máquinas niveladoras sobre esteira, com 100 — 125 HP cada uma, e carregada por intermédio de escavadeiras estacionadas ao lado da vala, munidas de caçambas com cerca de 1,2 m<sup>3</sup> de capacidade, as quais transferem a terra escavada para caminhões.

Quando não for possível retirar a terra escavada para os lados da vala, deve ser tentado construir uma rampa na extremidade da mesma, a fim de possibilitar aos caminhões com carga útil de 6-8 t, o acesso ao fundo da vala. A escavação e o carregamento é feito através de pequenas escavadeiras com colher basculante de aproximadamente 1,5 a 2,0 m<sup>3</sup> de capacidade que pode carregar os caminhões frontal ou lateralmente. Caso este método seja impraticável, o transporte da terra escavada para fora da vala deverá ser feito com escavadeira com caçamba de garras e, eventualmente, o transporte do material ao longo da vala até à extremidade da mesma, poderá ser executado com correia transportadora.

Para os dois casos citados por último é necessário um prazo de execução muito mais longo do que para o primeiro. Esse maior tempo pode, entretanto, ser compensado com trabalho em dois turnos para o cumprimento dos prazos.

Poderá haver maior economia nos serviços de escavação, se o solo permitir a ancoragem dos perfis verticais em lugar da colocação de estroncas. Neste caso, a vala de construção estará livre de peças de travamento interior, permitindo, portanto, o carregamento direto dos caminhões na vala.

A preparação das formas e da armação será feita em oficinas especiais, que muitas vezes situar-se-ão fora da área de serviço, em virtude da falta de espaço. Deverão ser providenciadas máquinas de dobrar e cortar para barras de aço com bitolas até 40 mm. Outrossim, nessas oficinas deverá haver instalações próprias para carga e descarga.

Devido ao espaço limitado disponível no local das obras e para melhor controle da qualidade, o concreto deverá ser fabricado em betoneiras centrais, ou então, deverá ser fornecido diretamente das usinas de concreto. Deverá haver reserva suficiente de equipamento, pois, em grandes trechos a concretagem deverá ser contínua, sem juntas. Para a mistura e o transporte do concreto deverá ser previsto um número adequado de caminhões-betoneira.

#### 32.3.1.2. Equipamentos para a execução de paredes-diafragma

Em casos especiais, as paredes da vala são executadas como paredes-diafragma. Nesse método é feita uma escavação de 40 a 80 cm de largura e com uma profundidade de até 40 m, preenchida com bentonita, procedendo-se então à armação e concretagem das paredes. Geralmente, essas escavações são feitas com caçamba de garras presa a uma escavadeira.

Existem ainda equipamentos elevatórios com caçambas de garras ou draga de colher, que correm sobre trilhos.

Outros métodos aplicam brocas para cortar o solo e bombas de sucção ligadas a tubos para retirada do material, sendo que este equipamento também corre sobre trilhos. Em geral, porém, é recomendada a combinação de escavadeiras com caçambas pesadas, já que estes equipamentos são usados universalmente e as caçambas de garras devem ser pesadas para garantir alta capacidade e duração.

Mesmo em se tratando de caçamba de garras da melhor fabricação e de material altamente resistente, em caso de utilização contínua deverá ser feita revisão geral cada 1-2 meses, sendo que em trabalhos em rocha este intervalo deve ser mais curto.

Algumas empresas empregam acessórios especiais para guiar a caçamba, assegurando assim uma direção exata na escavação. Em alguns casos, foram utilizadas caçambas hidráulicas para aumento da capacidade.

Para que a citada escavação tenha a largura certa em toda a sua profundidade e extensão, o seu acerto em geral é feito com brocas em forma de cunha de diversos tipos. Como as paredes-diafragma só poderão ser feitas em seções de cerca de 2 até 7 m, de comprimento, estas seções são fechadas em ambas

as extremidades por tubos verticais que servem de fôrma para a junta de ligação com a seção seguinte. As diversas partes desses tubos serão ligadas com juntas simples de baioneta, que permitem a colocação e posterior remoção por meio de guindaste.

Para a execução desses diafragmas, ainda é necessário o seguinte equipamento: misturadores de bentonita, bombas para a suspensão de bentonita, peneiras vibratórias para separar a bentonita do material escavado, baldes e equipamentos para a concretagem submersa.

Ainda deve ser mencionado que nos locais onde existem edifícios com elevadas cargas junto à vala, em lugar das paredes-diafragma, também são executadas paredes com estacas justapostas. Para este serviço são desenvolvidos equipamentos especiais dos tipos: Franki, Bade e Hochstrasser.

#### 32.3.1.3. Equipamentos pesados para a execução de túneis

O equipamento mais importante na execução de túneis, é a couraça. As diversas possibilidades de execução com esta máquina já foram descritas no capítulo 16.2.1.4. De acordo com o proposto no capítulo 16.2.1.5., num trecho da Linha Norte-Sul deverá primeiramente ser usada uma couraça parcialmente mecanizada, a qual deverá ser provida eventualmente de uma pequena colher para carregamento das correias transportadoras.

Para os serviços sob ar comprimido deverá ser instalada uma estação de ar comprimido devidamente dimensionada.

#### 32.3.1.4. Equipamentos pesados para a execução de linhas elevadas

Para a execução das funções indiretas frequentemente necessárias, recomendam-se os métodos convencionais (fundação pneumática ou estacas moldadas in loco). Para a fôrma, armação e concretagem dos blocos e pilares a serem executadas em concreto fabricado no local, deverão ser usadas as máquinas de construção usuais.

A execução das peças pré-fabricadas poderá ser feita em usinas de concreto existentes ou, então, poderá ser construída uma central de concreto, especialmente para a obra. É necessário ainda um equipamento adequado de



guindastes para a concretagem e o carregamento das peças pré-fabricadas, cujo peso alcança até 40 t; outrossim, será preciso um pequeno laboratório para o controle permanente da qualidade do concreto. Deverão ser previstos também caminhões, carretas, e no mínimo, dois guindastes pesados para os serviços de montagem na obra.

### 32.3.2. Áreas a serem ocupadas

O total das áreas a serem ocupadas para a construção do metrô, compõe-se: do espaço das valas de construção; da faixa de segurança; das áreas a serem mantidas livres para o movimento na obra; das áreas reservadas para as instalações auxiliares da obra; do espaço para o depósito de materiais e eventuais locais para a preparação do concreto, bem como das áreas necessárias para depósito provisório e definitivo do material escavado.

A disposição e a extensão dessas áreas dependem do método de construção do metrô, da coordenação das obras, do prazo de construção e das condições locais.

Em consideração ao tráfego nas ruas, as áreas necessárias às obras de construção deverão restringir-se o mais possível, tanto na sua extensão, como no prazo de ocupação. Isto significa que o maior número possível de serviços independentes deveriam ser executados em oficinas centrais e não no local da obra. Assim sendo, fôrmas deveriam ser fornecidas na obra em peças pré-fabricadas, devendo a armação ser entregue com os ferros já dobrados e, se

possível, já montados ou soldados em malhas. Também, o concreto deveria ser preparado em usinas centrais e transportado já pronto para aplicação na obra. Por outro lado, o intenso trânsito na superfície durante o dia poderá exigir que determinados serviços sejam executados no período da noite, como, por exemplo, o fornecimento do concreto ou transporte da terra escavada para fora da obra. Todavia, mesmo utilizando aquelas possibilidades, poderão surgir indesejáveis interrupções na concretagem e serão necessárias maiores áreas para o depósito provisório do material escavado.

Por esses motivos, para cada trecho da obra deverá ser encontrada a melhor solução conforme as condições locais.

No próprio canteiro da obra só deverão ser instalados os alojamentos indispensáveis para a administração da obra e os operários, bem como uma oficina auxiliar com almoxarifado. Em locais próximos à obra, como, por exemplo, ruas transversais interditadas devido à construção do metrô, ou em terrenos baldios que possam ser alugados, poderão ser instalados almoxarifados, mais completos, oficinas, depósitos de materiais e eventuais alojamentos para operários.

#### Áreas ocupadas pelas obras de construção nos trechos em túnel a céu aberto

A largura da vala de construção depende da largura do gabarito do túnel e do método de construção escolhido. Essa largura será mínima quando forem aplicadas paredes-diafragma ou paredes de

estacas justapostas que venham a assumir posteriormente a função de paredes do túnel ou então quando forem executadas paredes de vala com estacas-pranchas, sem espaço livre lateral para serviços. Ambos os métodos, porém, somente se tornarão viáveis havendo determinadas condições técnicas e econômicas. Se essas vantagens não puderem ser aproveitadas, as paredes executadas com perfis e pranchões horizontais e a seção média transversal do túnel com cerca de 9,50 m, mais um espaço livre de aproximadamente 80 cm para serviços em ambos os lados, somarão uma largura total da vala de construção de cerca de 13,50 m. Supondo-se ainda, que a obra terá de um lado, uma faixa de aproximadamente 8,00 m para o tráfego e depósito de materiais de construção, e do outro lado, um espaço de, no mínimo, 1,00 m de largura, como faixa de segurança ou como pista de rolamento para um guindaste de pórtico, a largura total da vala será de cerca de 23,00 m. Caso seja necessário depositar temporariamente o material escavado, isto ocasionará, calculando-se a produção de um dia, uma ocupação adicional de 300 a 400 m<sup>2</sup> para cada local de escavação.

Na área das estações será necessário um espaço para execução das obras que corresponde no mínimo ao dobro do que é exigido nos trechos da linha. Como, além disso, a preparação prévia das fôrmas, armaduras, etc, não poderá ser feita fora do local das obras, como nos trechos normais da via, a construção das estações exigirá áreas sensivelmente maiores do que as ocupadas, efetivamente, pelas obras. Por outro lado, a largura necessária para as estações poderá ser

diminuída, se o transporte do material escavado para fora da obra e a entrega de materiais de construção na obra forem feitos nas duas extremidades da estação.

#### Áreas ocupadas pelas obras de túneis executados pelo método da couraça

O poço de partida, que se faz necessário para início de um trecho subterrâneo de via dupla, escavado com máquina couraça, compreende duas galerias, com distância medida entre eixos de cerca de 13,00 m e suas dimensões são 20 x 10 m. Anexo a esse poço deverá haver um espaço suficiente para depósito das seções do anel. Calculado duas a três vezes a necessidade diária, resultará uma área de 300 a 400 m<sup>2</sup>. Nas imediações, convém seja previsto um depósito maior de material. Outrossim, além das áreas para os escritórios da obra, alojamentos, almoxarifados e oficina, conforme foi especificado no método a céu aberto, será necessária uma área de 100 a 150 m<sup>2</sup> para depósito intermediário de terra escavada.

No avanço por processo pneumático, serão necessárias estações de compressores de baixa e alta pressão, ocupando uma área total, aproximada, de 800 m<sup>2</sup>. Junto ao poço de saída, na outra extremidade do trecho em couraça, deverá haver espaço suficiente para retirar e armazenar a couraça parcialmente desmontada. Concluída a desmontagem posterior, que visa a obter volumes e pesos adequados para o transporte, a couraça é transportada para um novo ponto de partida.

#### Áreas ocupadas pelas obras de construção de vias elevadas

Nas vias elevadas, cada pilar forma um pequeno canteiro de obras, onde são executados os serviços comuns: fundações; freqüentemente cravação de estacas; escavação; fôrma; armação e concretagem. O prazo para a construção, calculado por pilar, será de, aproximadamente, 2 meses, sendo que sempre haverá trabalho simultâneo em vários pilares. A área ocupada poderá ajustar-se às condições locais, devendo ser considerada suficiente uma média de de 150 a 200 m<sup>2</sup>. Para a montagem dos pilares pré-fabricados será necessária uma faixa de 10,00 m de largura para cada lado da via. Como no caso se trata de uma ocupação de curta duração, será bastante providenciar o desvio provisório do trânsito.

Tendo em vista que também nas estações os elementos principais de suporte serão pré-fabricados, as mesmas necessitarão ainda de uma faixa de 10,00 m de largura em ambos os lados, para os serviços de montagem. Além disso, ainda serão necessárias áreas para a execução das escadarias e acessos de concreto moldado "in loco".



### 33. Organização da execução da obra

Recomendam-se as seguintes normas para a elaboração dos elementos básicos para a empreitada e para a organização das obras para a Linha Santana-Jabaquara.

O projeto definitivo, incluindo as especificações e desenhos construtivos detalhados, bem como o cronograma de desenvolvimento das obras, deverá ser subdividido, em onze trechos de acordo com os critérios estabelecidos no capítulo 32.1. Tanto o planejamento e organização dos canteiros, quanto a execução das obras de cada um desses trechos deverão ser confiados a uma empresa construtora, ou a um grupo de empresas de responsabilidade coletiva, dentro do qual os trabalhos e atribuições deverão ser convenientemente e solidariamente distribuídos.

Os projetos e as especificações de cada um dos seis grandes grupos especializados de trabalho: — as construções civis; as instalações de distribuição e suprimento de energia elétrica; o conjunto de sinalização; o sistema de telecomunicações; a construção e equipamento dos trens e as instalações de ventilação e condicionamento de ar que deverão constituir, cada qual um sistema uniforme ao longo de toda a linha, precisam ser elaborados desde o início e em todos os seus detalhes por firma ou grupo de planejamento, abrangendo todo o conjunto da Linha Norte-Sul. É igualmente aconselhável, por motivos óbvios de padronização de serviços e equipamentos, que a execução integral de cada um desses sistemas seja empreitada com uma só empresa responsável ou grupo de empresas de responsabilidade coletiva.

#### 33.1. Elaboração dos projetos para empreitada

##### 33.1.1. Construção civil

Uma organização coordenadora deverá, entre outros assuntos, determinar os elementos básicos para as obras e instalações, a fim de que fique garantida uma elaboração uniforme das plantas e projetos definitivos a serem empreitados, principalmente no que respeita ao dimensionamento dos diferentes desenhos, às escalas e convenções. Entre estes princípios fundamentais, encontram-se:

a) Determinação das bases fundamentais, para o projeto,

cálculo e dimensionamento das instalações do metrô. O capítulo 12.3 inclui uma relação pormenorizada destes dados.

b) Traçado definitivo em planta e perfil das linhas (perfil longitudinal) com todos os elementos pertinentes.

c) Material cartográfico nas escalas apropriadas com a apresentação da topografia, edificação e limites da edificação, e outros pontos essenciais para a execução de projetos detalhados.

d) Informações sobre dados e convenções representativos da natureza do subsolo e das águas subterrâneas em cada uma das áreas de construção.

e) Ante-Projetos individuais de cada uma das obras da construção especificando as características gerais de cada uma e determinando particularmente os dimensionamentos mínimos das áreas de tráfego, dos acessos e saídas, a quantidade e tipo das escadarias, a disposição dos compartimentos operacionais, sociais e auxiliares, a atenção a ser dada às instalações técnicas especiais, suas disposições, etc.

Como já mencionado, a elaboração dos projetos de execução e das plantas definitivas para empreitada das partes da obra deveriam ser preparadas por motivos de organização, para cada trecho da construção, por um grupo de planejamento da Prefeitura ou por uma empresa consultora contratada pela municipalidade. Como exceção, os trechos a serem construídos pelo método da couraça e que estão distribuídos em vários setores, deverão formar um conjunto de lote único.

Os trabalhos a cargo de equipes de planejamento ou empresas consultoras acima citados, poderão ser divididos em dois grupos subseqüentes, divisão esta usualmente feita da seguinte maneira:

1. Serviços a serem executados até a concorrência pública.

1.1. Projeto com os detalhes construtivos das partes de suporte da obra, fundações especiais incluindo escoramento das escavações e providências preliminares auxiliares. Inclui-se também suspensão e redistribuição de canalizações, pontes auxiliares, pontilhões para pedestres, escoramentos nas passagens sob edificações etc.

1.2. Cálculos estáticos provisórios para a determinação

antecipada dos cortes transversais e dos dimensionamentos. Os cálculos provisórios de estática devem ser elaborados de maneira a possibilitar dimensionamentos aproximados com limites de tolerância de 10%.

1.3. Plantas da disposição geral e cortes transversais com os dimensionamentos essenciais da obra e das construções auxiliares com as dimensões e características dos materiais. As plantas acima devem ser confeccionadas em escala 1:200 a 1:100.

1.4. Indicação das exigências básicas para a concorrência pública, contendo uma descrição sumária das exigências específicas.

1.5. Averiguação do volume dos serviços de todos os detalhes.

1.6. Descrição detalhada dos trabalhos, como complemento das indicações das obras citadas em 1.4.

1.7. Avaliação de custos.

2. Após a concorrência pública para a execução dos serviços.

2.1. Verificação das condições técnicas e econômicas das propostas, inclusive revisão dos cálculos. Relacionamento das diferenças nas propostas para fins de comparação detalhada dos pontos de vista técnico e econômico.

Apresentação de relatório analítico das propostas e classificação final para escolha da proposta mais conveniente.

2.2. Cálculo estático para a execução das construções, do escoramento das escavações e disposições auxiliares.

2.3. Planos detalhados de arquitetura com todas as plantas necessárias à uma visão completa, cortes, fachadas e detalhes em escalas de 1:100, 1:50 e até 1:10.

2.4. Plantas arquitetônicas, contendo todos os rebaixos, nichos, dispositivos de fixação, canais, etc.

Escala usual 1:50. As plantas acima serão aprovadas antes das plantas das fôrmas e armações a fim de poder controlar e averiguar a adaptabilidade de todas as construções integradas para as partes construídas em aço.

2.5. Plantas de fôrmas e de armações com listas dos ferros e desenhos das construções.

2.6. Plantas das escavações, das áreas dos escoramentos. As plantas citadas em 2.5. e 2.6. devem ser tão detalhadas e em tal quantidade que cada componente e cada situação intermediária da obra possa ser percebida com clareza.

2.7. Controle das faturas apresentadas pelas firmas encarregadas das obras, tanto do ponto de vista aritmético, quanto dos materiais.

2.8. Fiscalização do andamento das obras, assegurando-se da aplicação das regras de construção, das prescrições e exigências dos contratos, das normas de prevenção de acidentes, e de que os dimensionamentos calculados e os desenhos estão sendo obedecidos, e ainda, que todos os prazos intermediários e finais estão sendo respeitados. Fiscalização também das especificações dos materiais. É de se prever que uma grande parte dos trabalhos citados em 1. para a construção da primeira linha não possa ser concluída até a concorrência pública. Aconselha-se, contudo, por razões econômicas e técnicas, de manter o esquema para o projeto para a execução das linhas posteriores.

#### 33.1.2. Instalações mecânicas e elétricas

As instalações mecânicas e elétricas estão divididas em setores especializados, quais sejam: abastecimento de energia, sinalização e comunicações, ventilação, construção dos trens e instalações mecânicas. Para cada um desses setores, grupos de planejamento ou consultores deverão elaborar os dados necessários para a abertura de concorrência pública. Isto significa que os planejamentos sempre que for necessário para a elaboração dos dados para o empreiteiro — deverão compreender projetos detalhados. É também da competência dos grupos de planejamento ou consultores estabelecer as especificações para a concorrência e preparar os respectivos editais. Depois, as propostas das firmas devem ser analisadas e classificadas num sistema que satisfaça as exigências técnicas, econômicas e eventualmente também de organização. Esta avaliação deverá ser a base para a contratação propriamente dita, que será feita pela Prefeitura ou pela Companhia do Metrô. Outra tarefa dos grupos de consultores será a supervisão das obras e da produção e recepção dos fornecimentos.



A uniformidade na estruturação do metrô bem como a padronização das instalações e do equipamento empregado, deve ser garantida por uma organização coordenadora que assegure a observância de princípios e normas uniformes. Para tanto, o melhor seria aproveitar os estudos preliminares como base para elaborar e estabelecer os dados necessários para a contratação.

O setor de abastecimento de energia compreende os subsetores alimentação de energia às subestações distribuidoras, as instalações de distribuição, as subestações retificadoras, alimentação e retorno da corrente, as instalações de abastecimento de corrente das estações, das oficinas e os respectivos cabos. Esta separação também deveria ser seguida na elaboração dos elementos para as concorrências públicas e para a empreitada.

Por motivos de uniformidade, a contratação de cada subsetor, deveria, quando possível, ser feita com um só fornecedor. Se a capacidade de uma firma não fôr suficiente para o fornecimento completo para um subsetor, então, ao menos deverá ser estimulada a obrigatoriedade do emprêgo de peças padronizadas ao se contratar os serviços de diversas firmas. Esta regulamentação é necessária, para evitar a instalação de um sem número de aparelhos de tipos diferentes, e para assegurar a estocagem de poucos tipos de peças sobressalentes.

Uma particularidade do setor de abastecimento de energia é o cálculo minucioso da demanda e da distribuição de energia antes da elaboração dos dados necessários para a concorrência pública, propriamente dita. Isto deve ser considerado por ocasião da seleção do grupo de planejamento ou de consultores.

Os setores de sinalização, segurança e telecomunicações são de tal maneira interdependentes, que torna-se conveniente confiá-los em conjunto, para sua elaboração, a um só grupo de planejamento ou de consultores.

O setor de ventilação merece especial atenção, pois, acontece que as instalações do metrô já construídas em outras partes do mundo não são satisfatórias neste particular. Também aqui são necessários profundos estudos preliminares para a elaboração dos dados que determinem a execução das instalações de ventilação, considerando a produção de calor, a quantidade de ar necessária, as particularidades do traçado e o efeito de embôlo das composições em movimento dentro do túnel.

O setor de instalações mecânicas abrange principalmente as oficinas, mas também as escadas rolantes, elevadores e outras instalações transportadoras nas estações.

O grupo de consultores responsável por esse setor deverá planejar as oficinas nos seus mínimos pormenores. As obras civis serão contratadas por trechos de obras, enquanto que para ferramentas, máquinas operatrizes, instalações transportadoras e outros equipamentos deverão ser abertas concorrências públicas e feitas as contratações em separado para cada caso.

### 33.1.3. Trens

O setor especializado "Trens" abrange as unidades automotrizas e os veículos secundários. O veículo secundário "locomotiva auxiliar e de manobras", sendo uma construção especial, é um veículo individual, cuja construção e produção no país é desinteressante. Por isso é recomendável a abertura de concorrência pública internacional para este veículo.

A produção em série das automotrizas pela indústria nacional é viável. Seria, entretanto, aconselhável aproveitar a oportunidade para, através de abertura de uma concorrência internacional, obter sugestões da experiência que se vem multiplicando em todos os países reservando-se o direito de adaptá-las às possibilidades da indústria nacional. Essas sugestões permitiriam o projeto e construção de protótipos a serem submetidos a testes rigorosos em setores de provas que receberiam tratamento preferencial, durante a construção.

Devido ao pouco tempo disponível, a concorrência para a construção em série deverá ser instituída durante a construção dos protótipos. Isto é admissível, pois as principais dificuldades de construção e produção até lá estarão solucionadas.

Possíveis modificações que possam aparecer durante os testes, não têm influência na construção básica dos carros. Geralmente só os equipamentos mecânicos e elétricos são ligeiramente afetados por modificações, o que não tem grande influência sobre a produção em série.

A escolha definitiva dos dados para construção; a adaptação da mesma às medidas escolhidas; o aproveitamento dos resultados dos testes, bem como a elaboração dos dados para a concorrência da série, devem ser transmitidos a uma firma de consultoria.

Os dados básicos devem conter todas as dimensões externas das unidades automotrizas, determinar o programa de tração e fixar todas as características obrigatórias, a fim de obter ofertas comparáveis. Os dados para a concorrência, porém, não devem ser muito limitados, deixando uma certa margem e liberdade para os fornecedores a fim de facilitar sugestões alternativas adicionais que poderão ser úteis à escolha definitiva do material.

O peso das unidades automotrizas é um fator essencial para os custos operacionais de um metrô. Deverá fazer parte dos editais de concorrência a especificação do peso máximo. Sendo este peso ultrapassado, só poderá haver uma compensação mediante um desconto no preço, que será pré-determinado.

Havendo ofertas com o peso abaixo do peso estipulado, isto será positivamente considerado por ocasião da avaliação das ofertas.

Os pesos indicados pelos proponentes constituem compromisso.

Se o veículo construído apresentar um peso maior que o da oferta, o fornecedor deverá conceder desconto determinado no contrato do fornecimento.

Como os fornecimentos talvez se prolonguem por anos, deveria ser incluída uma cláusula no contrato que verse sobre o reajustamento dos preços.

### 33.2. Contratação

A contratação dos serviços para a execução das obras civis e das instalações elétricas e mecânicas assim como a aquisição dos veículos, em projetos de tal envergadura, efetua-se por meio de propostas recebidas através de concorrências públicas.

Os principais critérios para o julgamento das propostas, e portanto, para a contratação, são os seguintes:

- O cumprimento incondicional das condições básicas de concorrência e de contratação;
- A qualidade técnica dos serviços propostos, a qualificação e capacidade técnica da empresa;
- Os preços indicados pelo proponente.

No caso de propostas de entrega com pagamentos a longo prazo, devem ser considerados como outro aspecto importante, as condições e os prazos de financiamento.

#### 33.2.1. Serviços de construção

No intuito de se assegurar, na medida do possível, uma execução esmerada das obras e de acordo com os prazos, além de uma perfeita coordenação entre o órgão construtor, firmas encarregadas da execução, empreiteiros, e outros participantes interessados, é necessária uma atenciosa seleção preliminar de empresas técnicas e economicamente idôneas.

Considerando o vulto, as dificuldades técnicas imprevisíveis e os riscos inerentes à própria natureza das obras será necessário restringir o campo de contratação a firmas de engenharia civil qualificadas e de confiança, com experiências em trabalhos dessa natureza.

Para a seleção preliminar das firmas há em geral — como aliás é praxe também no Brasil — uma convocação pública para pré-qualificação das firmas interessadas na concorrência, as quais apresentam os comprovantes de sua idoneidade e competência.

Neste caso, além dos critérios para seleção preliminar e contratação, já mencionados no capítulo 33.2. deveria haver uma verificação especial "in loco" das instalações e equipamentos de que dispõem as empresas concorrentes, reservando-se os contratantes o direito de exigir das firmas selecionadas, como condição para assinatura dos contratos, a prova de aquisição dos equipamentos suplementares especiais indispensáveis para cada um dos processos de construção.

Possíveis modalidades de contratação são descritas no capítulo 33.4.

#### 33.2.2. Instalações mecânicas, elétricas e trens

O contrato de fornecimento das instalações mecânicas, elétricas e dos trens deve obedecer ao sistema inicialmente descrito e comumente empregado. Como na contratação de obras civis, também aqui deverá ser examinada previamente a competência técnica e econômica das empresas para satisfazer as exigências de qualidade dos produtos

a serem fornecidos. O início de funcionamento do metrô nas datas previstas depende do fornecimento das instalações e dos trens dentro dos prazos, o que torna necessário um exame prévio da capacidade das firmas fornecedoras também sob este aspecto.

### 33.3. Disposições administrativas para programação, inspeção e fiscalização das obras

Para a execução do projeto é necessário constituir um órgão, com pessoal suficiente e provido de todas as credenciais necessárias, para tomar, em nome dos poderes públicos (proprietários), providências de natureza legal, administrativas e ordem financeira, concernentes à empreitada e fiscalização, bem como coordenar a execução das obras e do equipamento técnico, resolvendo com presteza as dúvidas que por ventura venham a surgir durante os trabalhos.

Organismos dessa natureza são em geral instituídos como precursores da futura organização operacional, com a finalidade de formar, desde o início, um corpo de colaboradores familiarizados com o sistema ou são constituídos como uma divisão da própria organização operacional do metrô, já existente.

Esse órgão oficial do serviço público, via de regra, procura cercar-se da assistência de consultores especializados ou firmas de assessoria técnica para a preparação e execução de tarefas especializadas, as quais poderão trazer preciosa colaboração da sua experiência em muitos setores onde não existe know-how nacional.

Os órgãos destinados à execução dessas tarefas são, em geral, estruturados da seguinte maneira:

Um "Departamento Jurídico e Administrativo" (I) responsável, essencialmente, pela execução das seguintes tarefas:

- Serviços administrativos com os setores de organização, administração de pessoal e de material.
- Assuntos jurídicos concernentes a: administração geral das construções e direitos contratuais; direitos imobiliários; questões de seguro e indenizações.
- Questões financeiras e contratuais referentes a: assuntos financeiros e de contabilidade; problema de empreitada; fornecimentos; compra de materiais etc.

Em geral, essas atividades são exercidas pelas próprias repartições públicas, com exceção da contratação de serviços, que é freqüentemente executada pelo Departamento II a seguir referido. O "Departamento de Obras" (II) compreendendo uma subdivisão para o projeto básico, com as seguintes atribuições:

Determinação do traçado definitivo, detalhamento dos projetos de construção, levantamentos topográficos complementares, prospecção e análise de solo, problemas de interferência das obras com interesses e propriedade de terceiros, inclusive com as redes e



canalizações de serviços de utilidade pública; normas gerais e cronogramas de execução dos trabalhos, inclusive plantas, especificações e a documentação para concorrências públicas.

Freqüentemente os órgãos oficiais transferem o conjunto dessas atribuições a firmas especializadas de assessoria técnica de engenharia. Neste caso a atividade do órgão oficial, limita-se à aprovação global dos projetos e especificações, ao processamento das concorrências, julgamento das propostas e à contratação dos empreiteiros, que deverão executar os trabalhos. Também a coordenação, a elaboração de normas gerais e controle dos cronogramas de trabalho (segunda subdivisão) deveriam ser atribuídos à firma de assessoria técnica encarregada do plano básico (primeira subdivisão).

Uma "Divisão Executiva das Obras" (III) com suas subdivisões de "construção das estruturas" e "acabamento interno", será necessária para a coordenação, direção geral e fiscalização in loco para que as cláusulas do contrato de construção sejam devidamente cumpridas. Caberão também a essa Divisão as providências para a remoção de quaisquer dificuldades que interfiram no andamento dos trabalhos bem como a execução das sondagens geológicas, levantamentos topográficos auxiliares, controle e medição dos serviços de construção executados. O conjunto dos serviços acima citado poderá ser feito, igualmente, pelos próprios poderes públicos, ou delegado a firmas especializadas em assessoria técnica por eles contratada.

A "Divisão de Equipamentos Operacionais" (IV) ocupa-se dos problemas relacionados com a construção da infra-estrutura das vias, propriamente ditas, assentamento dos trilhos, instalações estacionárias, material rodante, instalações elétricas, dispositivos de sinalização e de segurança. Também neste caso os órgãos oficiais poderão servir-se de firmas de assessoria técnica especializada para a preparação e elaboração dos documentos técnicos e especificações para as concorrências públicas, bem como para o recebimento do material; assinatura propriamente dita dos contratos com as firmas fornecedoras será sempre feita pelos órgãos públicos.

### 33.4. Inspeção e medição dos serviços

Para fins de inspeção, recebimento provisório e final e medição, os serviços contratados podem ser agrupados em três categorias:

- Obras civis;
- Fornecimento e instalação dos equipamentos mecânicos e elétricos;
- Fornecimento de veículos prontos para operar.

#### 33.4.1. Modalidade de pagamento

O pagamento das obras e fornecimentos contratados poderá ser feito por uma das três formas seguintes:

- pelo sistema de preços globais fixos;

- pelo método dos preços unitários;
- pelo processo de "cost-and-fee".

Levando-se em conta os prazos previstos para a realização do projeto, descritos no capítulo 33.5. é indispensável considerar, separadamente as etapas de planejamento e organização de canteiros, os trabalhos preparatórios e a construção propriamente dita. Isto significa que para cada caso, isto é, para cada uma dessas etapas ou conjunto especializado e obras deve ser escolhido uma forma adequada dos ajustes acima citados.

No capítulo 33.4.1.2. encontram-se indicações para a inspeção final das várias categorias especializadas de trabalho, dos serviços parciais ou de obras acabadas.

#### 33.4.1.1. Medição de serviços das obras de construção civil e de acabamento

##### Contrato pelo processo de preço global

Neste processo determinadas seções da estrutura global — trechos de obras ou serviços especializados — são empreitados por um preço fixo global.

Este método só é praticável quando os editais de concorrência para contratação dos trabalhos fornecem planos e especificações completas e suficientemente detalhadas para a execução das obras e todos os dados necessários à elaboração definitiva dos orçamentos.

No caso do Metrô de São Paulo nos termos do capítulo 33.5., esses elementos só excepcionalmente poderiam ser oferecidos.

Além disso, uma série muito grande de imprevistos inerentes à própria natureza e complexidade das obras que compreendem parte de linhas subterrâneas em condições particularmente difíceis, trechos em elevado e outros ao nível das ruas, atravessando zonas altamente urbanizadas, essa modalidade de contratação por preço fixo global é, praticamente impossível. Dentro deste conjunto, a construção dos viadutos, por exemplo, e das estações elevadas poderiam, eventualmente, ser contratadas dentro desse regime de preço global acarretando, entretanto dificuldades particulares de administração e fiscalização.

Em processo dessa natureza, deve-se ainda considerar que, o próprio preço global ajustado haveria de estar, necessariamente, sujeito a reajustamentos periódicos de acordo com a variação de preços de matéria prima e mão de obra, aplicando-se as normas habituais em contratos da mesma natureza.

##### Ajuste sobre preços por unidades

Neste sistema, os trabalhos de construção são remunerados na base de preços unitários e dos volumes medidos.

Os trabalhos a serem executados devem ser especificados, em tabelas, que, com preços unitários, formarão elemento básico do contrato de empreitada.

Em projetos desta natureza é ainda conveniente, a par das especificações acima, estabelecer normas técnicas e processos de medição, onde sejam rigorosamente definidas cada uma das maneiras pelas quais serão avaliadas as obras principais e secundárias, assim como o modo de calcular os respectivos valores.

As especificações acima citadas devem conter igualmente preços unitários para os serviços que só, terão que ser executados eventualmente, isto é, em caso de surgirem dificuldades anormais. Este assunto abrange também a eventualidade de uso de maquinário especial, exigido, por condições imprevistas de subsolo ou de águas subterrâneas. O reajuste de preços unitários em razão de aumentos de salários, de custos de material e de aparelhos, pode ser realizado com o auxílio de fórmulas adequadas de reajustes que, pela sua própria estrutura, dispensem laboriosos controles de listas de salários e faturas.

Trabalhos executados por subempreiteiros podem ser calculados pelo mesmo sistema, em que o acréscimo apresentado pela empresa contratante deve ser documentado com comprovantes idôneos.

De acordo com este processo podem ser calculados trechos de construção e seções especializadas, cujo início de execução deve ter lugar antes da conclusão dos projetos, e para os quais não se prevê nenhum risco particular ou situações imponderáveis.

##### Contratos pelo sistema de "cost-and-fee" (administração contratada)

No processo de ajuste por "cost and fee", o empreiteiro será reembolsado no ato do recebimento de cada item do contratado e contra apresentação de comprovante de todas as despesas correspondentes a um dado item, acrescentados de um "fee" para cobertura das suas despesas de administração, de organização, e mais o lucro, que corresponde, freqüentemente, a uma taxa percentual fixa, ajustada, sobre o montante total do orçamento ou de cada uma das suas parcelas.

Em acordos dessa natureza, tem muita importância uma definição ou delimitação clara entre itens de "cost" e itens de "fee", isto é, entre as parcelas de custo real e as taxas de administração. Além disso, com esses contratos, surgem volumosos serviços de fiscalização para o contratante, ao passo que a empresa contratada é obrigada a executar uma dispendiosa e clara documentação comprobatória. Nesta modalidade de ajuste se estabelecem claramente, os critérios de aprovação no intuito de evitar dúvidas no campo econômico, as atribuições da empresa contratada. Ao contratante se reservam, em casos de ordens de compras importantes, subcontratações e determinações de serviço, direitos de escolha e decisão. Daí se conclui que só se deveria lançar mão deste processo para obras ou trechos de obra que, pela natureza, extensão e riscos, não comportem a possibilidade de previsão, ou avaliação precisa de todos os problemas técnicos a serem superados, quer devido à falta de tempo suficiente para pesquisas preliminares e para planejamento em larga escala, quer pela impossibilidade real de cálculo dos seus custos.

Tais casos podem ser encontrados sobretudo em áreas centrais, densamente contruídas e de tráfego intenso, onde ainda outros problemas, tais como interferência de canalizações e condições difíceis ou freqüentes modificações da natureza do subsolo, podem exigir trabalhos eventuais de proporções incalculáveis. Isto acontece, por exemplo, nos setores de abertura pelo método da couraça em que se tornam necessárias medidas suplementares de

estabilização do solo, assim como também em áreas diversas de construção pelo método "cut and cover", entre o Largo São Bento e a Praça Clóvis Beviláqua.

#### 33.4.1.2. Inspeção e vistoria final de seções especializadas, construções parciais e obras acabadas

É aconselhável realizar a inspeção e recebimento das construções e dos serviços de acabamento de acordo com os critérios internacionais, como segue:

Seções especializadas encomendadas diretamente de empresas do ramo pelo organismo público contratante. Após execução completa e de acordo com as cláusulas contratuais das obras, realiza-se uma inspeção final, e se for o caso, também um teste de funcionamento, em presença de representantes de ambas as partes contratantes. Constatada a inexistência, ou limitado número de imperfeições não importantes, é lavrado um "certificado provisório de vistoria e recepção".

Caso contrário, determina-se novo prazo para a eliminação das falhas verificadas, findo o qual realiza-se nova inspeção e eventual teste operacional.

Um ano após o "recebimento provisório" procede-se à vistoria para "recebimento definitivo". A empresa contratada é obrigada a reparar as falhas e danos verificados nessa ocasião; o custo de defeitos ou danos verificados nesse interregno e não imputáveis à empresa construtora, correm por conta do órgão público contratante, que arcará com as despesas necessárias à sua comprovação.

Eventuais depósitos em caução ou garantia suplementar, retidas durante esse tempo, serão devolvidos à empresa construtora por ocasião do recebimento definitivo da obra.

##### Construções

Além da fiscalização permanente que deverá acompanhar o desenvolvimento de todos os trabalhos, serão procedidas vistorias de recebimento para construções parciais, nos casos seguintes:

- No caso de começo antecipado de instalações em construções parciais por firmas contratadas diretamente pelo órgão público contratante.
- Nos casos de obras parciais cuja inspeção e teste tornam-se inviáveis com o prosseguimento dos trabalhos.
- Em casos de entendimentos especiais.

##### Obras completas

Em geral as obras completas são vistoriadas e recebidas de maneira definitiva e de acordo com os critérios fixados nos contratos, quando concluídas; este processo é particularmente aconselhável na modalidade sugerida de contratação de empresa ou de grupo de empresas com a responsabilidade global para execução de cada um dos trechos da obra, incluindo os trabalhos especializados a eles atinentes.

Esses trabalhos parciais ou especializados podem, nesse caso, ser inspecionados antecipadamente, sem emissão de "certificados provisórios", quando a execução posterior dos



Nº DA LINHA LINE Nº	LINHA RANGE	COMPR. LENGTH (Km) aprox.	TEMPO MÍNIMO DE EXECUÇÃO MINIMUM EXECUTION TIME												
			68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	SANTANA - JABAQUARA PARAISO - MOEMA	21,00													
2	CASA VERDE - VILA MARIA	13,33													
3	PINHEIROS - VIA ANCHIETA PEDRO II - VILA BERTIÓGA	23,83													
4	VILA MADALENA - PAULISTA	8,08													
	TOTAL	66,24													



 CONSTRUÇÃO - CONSTRUCTION  
 INSTALAÇÃO FINAL - FINAL INSTALLATION

Fig. 33.1  
Cronograma de execução das linhas do Metrô de São Paulo

	1968	1969	1970	1971	1972
1 PROJETO PLANNING					
2 DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PREPARATION OF TENDER					
3 COTAÇÃO QUOTATION					
4 EXAME DAS OFERTAS E ENCOMENDAS ANALYSIS OF OFFERS AND ORDERS					
5 DETALHAMENTO DO PROJETO E PRODUÇÃO DAS INSTALAÇÕES DETAILED ENGINEERING AND MANUFACTURING					
6 ACEITAÇÃO DE FORNECIMENTOS E SUPERVISÃO DE MONTAGEM ACCEPTANCE AND SUPERVISION OF EXECUTION					

Fig. 33.3  
Cronograma para projeto e construção das instalações fixas elétricas

	1968	1969	1970	1971	1972
1 PROJETO PLANNING					
2 DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PREPARATION OF TENDER					
3 COTAÇÃO QUOTATION					
4 EXAME DAS OFERTAS E ENCOMENDAS ANALYSIS OF OFFERS AND ORDERS					

Fig. 33.5  
Cronograma do projeto do sistema de ventilação

	1968	1969	1970	1971	1972
1 DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PREPARATION OF TENDER					
2 COTAÇÃO QUOTATION					
3 EXAME DAS OFERTAS E ENCOMENDA ANALYSIS OF OFFERS AND ORDER					
4 FABRICAÇÃO MANUFACTURING					
5 ACEITAÇÃO ACCEPTANCE					

Fig. 33.7  
Cronograma da construção e entrega da locomotiva de manobra

trabalhos tornem outros processos de controles impraticáveis.

O "certificado de recepção provisória" será então, fornecido quando o total da obra estiver concluído, caso em que certos trabalhos eventuais de acabamento poderão ser excluídos deste certificado.

A devolução de cauções para garantias específicas é efetuada à empresa contratada um ano após, por ocasião do recebimento do serviço garantido.

#### 33.4.2. Pagamento e recebimento de máquinas, instalações elétricas e veículos

É usual nos contratos deste tipo, pagar um certo sinal sobre o valor do

objeto encomendado por ocasião de assinatura do pedido. A importância deste pagamento adiantado é estabelecida mais ou menos de acordo com o valor dispendido pelos fornecedores para a aquisição da matéria prima a ser empregada na execução do pedido. Oscila, geralmente, entre 15 a 25% do valor contratual. Outrossim, é costume combinar o pagamento de parcelas intermediárias antes da entrega de encomendas vultuosas. Isto, todavia, depende do objeto, do prazo de entrega, da situação do mercado e da legislação a que está vinculado o órgão contratante. Após a entrega total, ou à medida das entregas parciais, o comprador retém 10% do valor das faturas correspondentes para a cobertura de eventuais direitos e garantias, de acordo com os esquemas de pagamento. Estas importâncias, uma vez deduzidas as

despesas referentes às responsabilidades cobertas pela garantia, são devolvidas após o decurso dos prazos de garantia.

As máquinas e instalações elétricas são normalmente objeto de encomendas isoladas. Em vista disso, deveriam estar sujeitas ao controle de qualidade pelos técnicos das firmas consultoras dentro dos estabelecimentos dos fornecedores, os quais deverão se obrigar, inclusive, a executar as medições ou testes correspondentes sem onus para o comprador. Tratando-se de subestações, as mesmas deveriam ser submetidas, individualmente, aos devidos testes somente após a sua montagem. Sugere-se, porém, destacar técnicos das firmas consultoras para fiscalizar os trabalhos de montagem destas subestações.

Os veículos automotores montados com a utilização de inúmeras peças e conjuntos separados são bem mais complexos, de forma que um teste final não proporciona um controle de qualidade completo e suficiente. Esta é a principal razão pela qual se torna necessária uma série de testes intermediários executados convenientemente pelos técnicos da firma consultora, encarregada do projeto. Estes controles de qualidade, ou sejam, as provas e os testes, realizar-se-ão nas fábricas de material ferroviário, de material elétrico e de eventuais indústrias auxiliares. O teste final terá lugar após a entrega da unidade completa, incluindo-se viagens experimentais. A fiscalização dos trabalhos de montagem, o controle de qualidade efetuado, e a recepção pelos engenheiros da firma consultora não eximem os fornecedores da responsabilidade de garantia.

	1968	1969	1970	1971	1972
1 PROJETO E DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PLANNING AND PREPARATION OF TENDER					
2 COTAÇÃO QUOTATION					
3 EXAMES DAS OFERTAS E ENCOMENDAS ANALYSIS OF OFFERS AND ORDERS					
4 PROJETO DETALHADO DETAILED PLANNING					
5 CONSTRUÇÃO CONSTRUCTION					
6 FABRICAÇÃO MANUFACTURING					
7 ENTREGA DELIVERY					
8 MONTAGEM ERECTION					
9 TESTES TESTING					
10 VERIFICAÇÃO E ACEITAÇÃO CHECKING AND ACCEPTANCE					

Fig. 33.2  
Cronograma para planejamento e execução das instalações de sinalização e telecomunicação

	1968	1969	1970	1971	1972
1 PROJETO PLANNING					
2 DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PREPARATION OF TENDER					
3 COTAÇÃO QUOTATION					
4 ELABORAÇÃO DE ORGANOGRAMA ELABORATION OF ORGANOGRAM					
5 EXAME DAS OFERTAS E ENCOMENDAS ANALYSIS OF OFFERS AND ORDERS					
6 ACEITAÇÃO DE FORNECIMENTOS E SUPERVISÃO DE MONTAGEM ACCEPTANCE AND SUPERVISION OF EXECUTION					
7 PROJETO DE ENGENHARIA CIVIL CIVIL ENGINEERING PLANNING					
8 CONSTRUÇÃO CIVIL CIVIL CONSTRUCTION					

Fig. 33.4  
Cronograma para projeto e construção das facilidades de manutenção

	1968	1969	1970	1971	1972
1 ELABORAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES ELABORATION OF SPECIFICATIONS					
2 DESENHO DESIGN					
3 FABRICAÇÃO DOS PROTÓTIPOS MANUFACTURE OF PROTOTYPES					
4 TESTES DE OPERAÇÃO RUNNING TESTS					
5 DOCUMENTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA PREPARATION OF TENDER					
6 COTAÇÃO QUOTATION					
7 EXAME DAS OFERTAS E ENCOMENDAS ANALYSIS OF OFFERS AND ORDERS					
8 FABRICAÇÃO DA 1ª SÉRIE MANUFACTURING OF THE 1st SERIES					
9 ENTREGA DAS E.M.U.s DELIVERY OF E.M.U.s					

Fig. 33.6  
Cronograma da construção e entrega das E.M.U.



### 33.5. Cronograma para a execução das obras

#### 33.5.1. Para a rede total

Em relação à programação da execução da rede básica, numa extensão de cerca de 66,2 km, encontra-se em anexo a este capítulo um cronograma em forma de gráfico (Fig. 33.1) e o mais pormenorizado possível.

Ao investigar-se a duração das obras e as datas de início dos diversos trechos, partiu-se, primordialmente, do ponto de vista, de que a rede básica representada deve ser executada no menor espaço de tempo possível, como núcleo do futuro conjunto maior de redes, a fim de absorver uma parte do trânsito de superfície do

Município de São Paulo, atualmente já sobrecarregado, solucionando assim problemas prementes.

Os prazos totais estudados para os serviços preparatórios dos diversos trechos, incluindo a execução das obras e instalações dos canteiros de trabalho, pressupõem um amplo aproveitamento da capacidade industrial local, bem como também grandes exigências referentes à organização da repartição de obras responsável e seus órgãos.

#### 33.5.2. Para a primeira linha

No cronograma (Fig. 32.2) estão representados os respectivos prazos para os serviços preliminares e para a execução propriamente dita das instalações do metrô nos onze trechos

de obras sugeridos para a primeira linha.

A obediência destes prazos, porém, pressupõe a intensificação dos serviços preliminares, cujo desenvolvimento eficiente será essencial para o tempo de conclusão total dos diversos trechos. Aliás, será inevitável uma interferência entre esses serviços preliminares de planejamento e instalações com os de execução propriamente dita das obras, o que requer um órgão de coordenação funcionando adequadamente para a articulação destes prazos.

Para a determinação da sequência das obras da primeira linha é indispensável que as oficinas de reparo e manutenção dos equipamentos sejam desde o início instaladas na parte final Sul da linha, de acordo com o projeto.

O trecho de n.º 9, logo adjacente, deverá ser aproveitado convenientemente para os demorados testes do protótipo do trem, composto de 6 unidades; os trechos subsequentes, em direção Norte, poderão dessa forma ser concluídos com alterações eventuais das fases de construção, permitindo, assim, pouco a pouco, a extensão da linha até a extremidade Norte do traçado. As condições para um bom funcionamento, bem como o arranjo suplementar dos desvios, podem ser previstos sem maiores problemas técnicos.

Motivos para o tratamento preferencial do trecho de obras que inclui as Estações Luz e Queiroz, é a construção planejada de um túnel rodoviário nesse mesmo local, visando-se assim, a possibilidade da execução conjunta destas duas obras.