



Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2012  
Outubro / 2012



@ 2012 - IBRACON - ISSN 2175-8182

## **Panorama do Mercado Brasileiro de Túneis: Passado, Presente e Futuro**

Hugo Cássio Rocha

*Geólogo, MSc Eng, MBA, Assessor Técnico- Metrô SP- Presidente CBT-ABMS*

### **Resumo**

Este artigo contém um resumo da história da construção subterrânea no país, bem como um resumo das oportunidades presentes na indústria, quando muitos projetos de infraestrutura estão em fase de planejamento e as boas perspectivas futuras da indústria. São ainda apresentados, em forma resumida, alguns dos principais projetos em implantação.

*Palavra-Chave: Túneis, TBM, Shield, NATM, Metrô*

### **Abstract**

This paper contains a summary of the history of underground construction in the country as well as a summary of present opportunities in the industry when many infrastructure projects are at the planning stage. Are also presented in summary form some of the major projects under construction.

*Keywords: Tunnels, TBM, Shield, NATM, Subway*

## 1 Introdução

A indústria tuneleira brasileira começou a se desenvolver na segunda metade do século IX, mesmo antes do advento de dinamite para a escavação de túneis em rocha. Nessa fase, apenas três séculos após o início da colonização portuguesa e apenas algumas décadas após a independência, todo o trabalho era planejado e conduzido por engenheiros estrangeiros.

Entretanto muito rapidamente a experiência de projeto e construção subterrânea começou a se desenvolver entre os profissionais locais. Desde aqueles dias muitas mudanças ocorreram no mercado da indústria tuneleira.

Este artigo contém um resumo da história da construção subterrânea no país, bem como uma amostra das oportunidades presentes na indústria tuneleira, quando muitos projetos de infraestrutura estão em fase de planejamento e as boas perspectivas futuras.

## 2 Histórico

Silva Telles (2006) compilou um interessante relato sobre o início da construção subterrânea no Brasil. Excertos são mostrados abaixo.

Os primeiros túneis ferroviários no país foram abertos por volta de 1860. Mas, o trabalho de engenharia mais importante no período foi a longa série de quinze túneis que ficou conhecida como Seção 2 da Estrada de Ferro Dom Pedro II, no Japeri - Barra do Piraí, linha na Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro. Dom Pedro II era então o Imperador brasileiro. Ele visitava frequentemente as obras de construção.

A Figura 1 é uma fotografia obtida durante a visita do Imperador, no dia do vazamento do Túnel Grande. Essa foi uma das realizações de engenharia mais notáveis da época no Brasil: uma ferrovia de bitola larga subindo cerca de 400 metros em condições técnicas difíceis que exigiram a escavação de quinze túneis, com seus comprimentos variando de 25 a 2.238 metros, totalizando 5.220 metros. Alguns foram escavados em solo ou rocha decomposta, de modo que a abóbada foi revestida em alvenaria, enquanto outros estavam em rocha competente. Todos tinham 4,2 metros de largura, com uma altura máxima de 5,8 metros. O destaque foi o chamado Túnel Grande com 2.238 metros de comprimento.



Figura 1- Visita do Imperador D. Pedro II ao vazamento do Túnel grande (Silva Telles, 2006)

Ainda segundo Silva Telles (2006) a obra toda começou em 1858, mas a perfuração do Túnel Grande só foi concluída em junho de 1864, e o túnel, inaugurado em dezembro de 1865. O empreiteiro dos túneis foi o americano Jacob Humbird. Os túneis em rocha (inclusive o Túnel Grande) foram perfurados a ponteiro, marreta e pólvora negra, pois ainda não existiam as perfuratrizes mecânicas e a dinamite só seria inventada em 1866, daí a aparente morosidade das obras. O cientista suíço Jean-Louis Agassiz (que visitou as obras do Túnel Grande) conta que a rocha era tão dura que, muitas vezes, *“os golpes mais rudes dos carouqueiros só produziam um pouco de pó de reduzido volume”*.

A construção subterrânea foi muito ativa na época. Os trabalhos na chamada Linha do Centro, a partir do Rio de Janeiro em direção a Belo Horizonte, começou em 1865, e havia vinte túneis, sendo o mais longo com 552 metros. Dentre todos esses túneis, o de número 30, com 360 m, localizado na garganta João Ayres, na Serra da Mantiqueira, mereceu especial atenção porque denotou o início das preocupações da engenharia com a estabilidade de taludes nessa área, um problema que ainda é importante na mesma zona nos dias de hoje.

Na garganta citada, um corte com declives muito elevados foi inicialmente construído e, mais tarde, foi convertido em um túnel para evitar bloqueios ferroviários causados pela queda constante de blocos de rocha. A transformação foi realizada em 1901 e a abóbada foi construída em concreto armado, a mais antiga obra desse material com datação confiável no Brasil, segundo o autor.

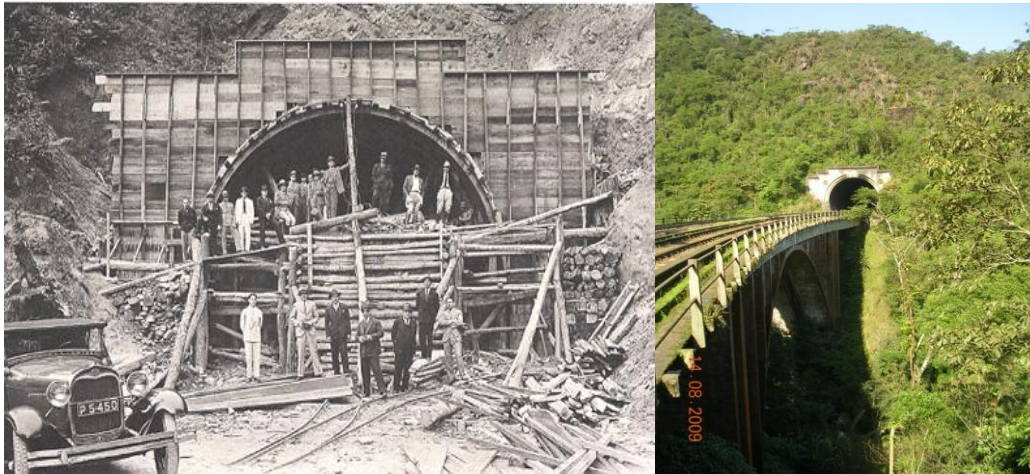


Figura 2- Um dos túneis da Estrada de Ferro Sorocabana em construção( Teles) e foto recente do local.

Entre 1877 e 1879, foi construído o ramal da Marinha da Estrada de Ferro D. Pedro II na cidade do Rio de Janeiro. Era um ramal curto estendendo-se até o porto a escavação de dois túneis, com comprimentos de 315 e 86 metros, para atravessar o Morro de São Diogo. A estrutura apresentou duas importantes novidades: o uso de brocas de ar comprimido (o sistema de Ingersoll, impulsionado pela locomotiva a vapor) e o uso de dinamite, sendo que o próprio Imperador provocou a primeira detonação (Telles 2006).

A introdução de dinamite provocou um aumento significativo na construção subterrânea. Para a duplicação da estrada de ferro Dom Pedro II, a segunda galeria do Túnel Grande foi construída em 11 meses, enquanto o primeiro túnel com o mesmo comprimento tinha exigido sete anos.

No início do século 20, engenheiros brasileiros estavam no comando das principais obras de túneis acontecendo no país. Para o acesso a partir de São Paulo ao Porto de Santos, o ramal de Mairinque-Santos da Estrada de Ferro Sorocabana ex (São Paulo Railway) foi construído entre 1928 e 1937. As adversas condições topográficas e os difíceis problemas técnicos exigiram a escavação de vários túneis (31, totalizando mais de 5 km), viadutos e pontes, sendo que várias delas foram feitas ao longo de um trecho de 40 quilômetros. Duas dessas pontes eram detentoras de recordes mundiais para os seus respectivos tipos de estrutura na época.

A Figura 2 mostra um dos túneis no período de construção e uma foto recente do local. Notar as severas condições topográficas e a alta densidade da vegetação tropical.

A execução de quase todos os túneis foi supervisionada pelo engenheiro brasileiro Francisco T. da Silva Telles, tio do autor do relato (Silva Telles 2006), que se tornou talvez o campeão de perfuração de túneis no Brasil, na época.



### 3 Túneis modernos

O desenvolvimento da engenharia de túneis modernos no Brasil começou nas décadas de 1950 e 1960, com o planejamento e construção dos sistemas de metrô em São Paulo e no Rio de Janeiro, além dos inúmeros túneis viários nessa última cidade. Alguns subterrâneos de usinas hidrelétricas também já estavam sendo construídos.



Figura 3- Túnel Rebouças na época da inauguração ( Carvalho 2006)

Segundo Carvalho (2006) nas décadas de 1960 e 1970, sobressaíram-se as obras de túneis grandes e importantes, principalmente na capital carioca. Em Copacabana, foram concluídos os túneis Sá Freire Alvim (1960) e Major Vaz (1963). Também nos anos de 1960, dois dos maiores túneis da cidade foram entregues ao tráfego: o Santa Bárbara (1963) e o Rebouças (1967), Figura 3. Em 1971, terminaram-se os túneis de interligação da Zona Sul com a Barra da Tijuca (Joá, São Conrado e Dois Irmãos). Depois, ainda nos anos de 1970, concluíram-se as obras do Frei Caneca e do Noel Rosa.

Todos os tipos de métodos construtivos foram utilizados neste período, Túnel convencional ou NATM, valas a céu aberto (cut&cover) e TBMs (Tunnel Boring Machines). A Linha 1 do Metrô de São Paulo foi parcialmente escavada com uma TBM, face aberta, considerado o primeiro Shield de grande diâmetro utilizado no Brasil (Figura 4).

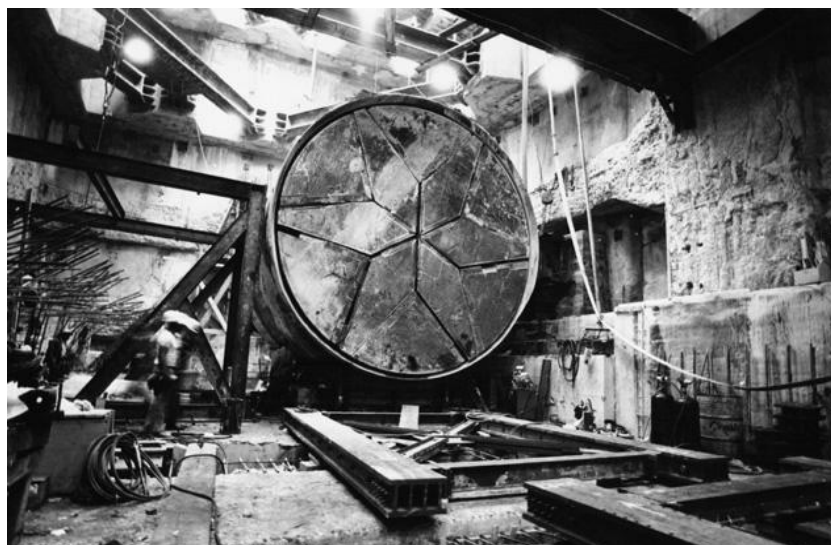


Figura 4- TBM Shield-Bade utilizado para a escavação da Linha 1 do Metrô de São Paulo ( Foto- Metrô-SP)

O NATM (New Austrian Tunneling Method) foi introduzido na década de 1970 para a construção da Ferrovia do Aço entre Belo Horizonte e Rio de Janeiro e para a Rodovia dos Imigrantes, entre São Paulo e Santos. Muitos túneis NATM em solo e algumas estações foram construídas para o Metrô de São Paulo na década de 1980 e 90. Para a recém construída Linha- 4 do mesmo metrô, um moderno EPB( Earth Pressure Balanced) TBM foi utilizado para a escavação dos túneis via dupla, com 9,5 m de diâmetro, em solos e terrenos brandos. A TBM utilizada é mostrada na Figura 5, com notáveis avanços tecnológicos incorporados desde a primeira TBM utilizada na década de 1970.



Figura 5- EPB TBM via dupla usado recentemente pelo Metrô de São Paulo na Linha 4 Amarela ( Metrô-SP)



Em relação as TBMs para rochas, uma TBM Double Shield, para rochas duras, foi utilizada no recém construído Túnel Gastau de 5 km de comprimento para a Petrobrás transportar gás natural a partir do nível do mar até o Vale do Paraíba, região economicamente muito ativa, na elevação 700m. A figura 6 mostra a tuneladora montada antes do início das escavações.



Figura 6- TBM Double Shield Hard Rock, usado recentemente pela Petrobrás (ELSNER 2009)

Notáveis avanços também ocorreram em construções de túneis convencionais ou NATM em maciços brandos, merecendo destaque as estações de grande seção da Linha 4 Amarela e em especial a Estação Alto do Ipiranga da Linha 2 Verde do Metrô paulistano, sendo que esta última foi , provavelmente, um recorde de seção de escavação ( 302 m<sup>2</sup>) em maciço brando com baixa cobertura. Apesar do volume escavado e da baixa cobertura, os recalques observados foram significativamente baixos (máx. 15 mm) e as interferências com a superfície mínimas.

A Figura 7 apresenta foto da seção plena recém escavada da Estação Alto do Ipiranga, apenas com revestimento primário em concreto projetado. Notar as dimensões da seção da estação em relação aos trabalhadores e do túnel de via dupla (para 2 trens) ao fundo.



Figura 7- Estação Alto do Ipiranga, totalmente escavada, com revestimento primário em concreto projetado.

Recente pesquisa, sem valor estatístico, efetuada pelo Comitê Brasileiro de Túneis, mostra que a taxa de aumento da construção subterrânea para fins de engenharia civil é notável. O volume total construído na década de 1990 era inferior a 4 milhões de metros cúbicos; nos cinco anos seguintes o volume saltou para mais de 11 milhões, com uma taxa proporcional significativa de aumento de mais de 500%.

A demanda maior por estes túneis novos veio da indústria da construção hidrelétrica. Uma vez que as regras do mercado para os investimentos privados para a geração de eletricidade foram estabelecidas, um grande número de pequenas centrais hidrelétricas foi construído com obras subterrâneas associadas.

#### 4 Novos projetos

Diversas obras subterrâneas estão em diferentes estágios de desenvolvimento no Brasil. Isto é devido à estabilidade econômica duradoura, ao crescimento econômico consistente e à alta taxa de urbanização da população, entre outros fatores. Grandes áreas metropolitanas têm um déficit de infraestrutura que está diminuindo.

A Tabela 1 apresenta alguns dos projetos e seu estágio de desenvolvimento. Esta lista não é exaustiva e representa apenas uma amostra das atividades atuais. Como mostrado na figura 8, a construção subterrânea para usinas hidrelétricas atualmente representa a maior quota de mercado, no entanto, é muito difícil fazer um levantamento, principalmente após a privatização do setor.



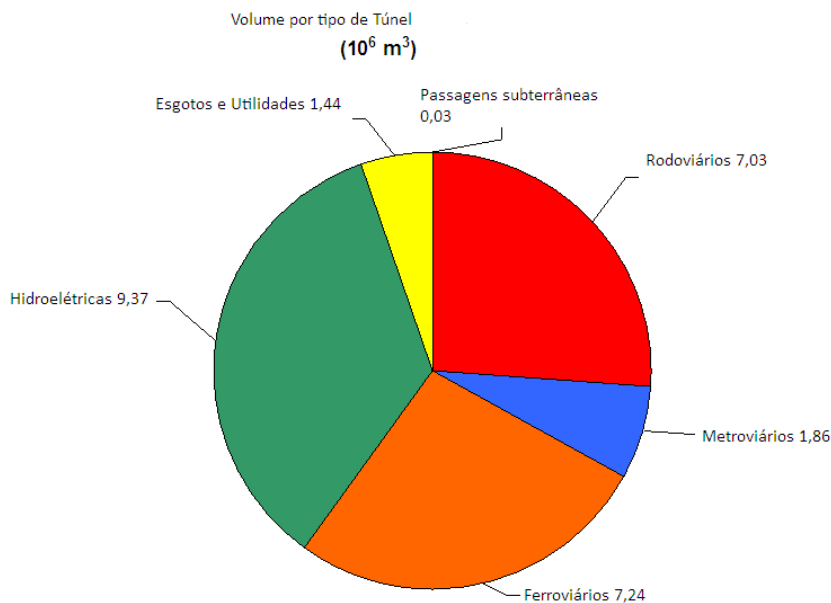


Figura 8 - Gráfico apresentando o resultado de pesquisa parcial dos volumes das diferentes finalidades de obras subterrâneas no Brasil em 2005 ( Celestino 2011)

Tabela1- Alguns exemplos de obras subterrâneas no Brasil

PROJETO	EXTENSÃO (Km)	ESTÁGIO
TAV- High Speed Railway, Rio de Janeiro - São Paulo	~ 100	Licitação
<b>Estado de São Paulo</b>		
Metrô de São Paulo Linha 4 Extensão	1.5	Projeto executivo
Metrô de São Paulo Linha 5	11.4	Projeto executivo / Construção
Metrô de São Paulo Linha 6	35.1	Projeto Básico
Metrô de São Paulo Linha 15	11.5	Projeto Funcional
Túneis da AV. Roberto Marinho	4.5	Projeto executivo
Rodoanel Mario Covas – Seção Norte	10	Projeto Funcional
<b>Estado do Rio de Janeiro</b>		
Metrô do Rio Linha 4, Trecho 1	9.2	Projeto executivo / Construção
Riodo Metro Linha 4 Trecho 2	4.3	Estudos
Rodovia BR101	3.3	Projeto Básico
Rodovia Transolimpica	5	Projeto Básico
Rodovia Transoeste – Túnel da Grota Funda	2 x 1.1	Final de Construção
<b>Estado do Ceará</b>		
Metrô de Fortaleza Linha 3 Leste	10.5	Projeto Básico
<b>Estado do Minas Gerais</b>		
Túneis rodoviários	5	Projeto Básico
Túneis Ferroviários	7.4	Projeto Básico
<b>Estados do Paraná e Santa Catarina</b>		

Túneis rodoviários	4,7	Projeto Básico
Túneis Ferroviários	35	Estudos
Linha 2 do Metrô de Curitiba	20	Projeto Básico
<b>Estados da Bahia e Tocantins</b>		
Transposição do Rio São Franciscos (túneis Cuncas I e II) Figura 9	19,459	Projeto executivo / Construção



Figura 9- Desemboque do Túnel Cuncas II da Transposição do Rio São Francisco (Almeida 2011)

## 5 Projetos em andamento

### 5.1 Metrô de São Paulo - Linha 5

A Linha do Metrô de São Paulo já está em construção e será totalmente subterrânea. A extensão total será de 11,8 km, dos quais 1,5 km será escavado por Método convencional (NATM), 4,6 quilômetros de túneis de vias singelas por duas TBMs EPB de Ø 6,9m e 5,7 km de túneis via escavados por uma TBM EPB Ø 10,6 m. Haverá um total de 11 estações, 8 construídas em vala a céu aberto e 3 por Método convencional.

Uma característica importante dessa linha é o uso intenso de TBMs para a execução de túneis de via e escavações a céu aberto para as estações. Várias estações estão sendo escavadas usando poços múltiplos com suporte de concreto projetado. A Estação Adolfo Pinheiro, (Figura 10), está sendo constituída por 5 poços secantes com 30 m de diâmetro cada.



Figura 10- Estação Adolfo Pinheiro da Linha 5 Lilás .

## 5.2 Metrô de São Paulo - Linha 6

A linha 6 do Metrô de São Paulo está na fase de projeto básico. Ela vai ligar a Estação Brasilândia (parte noroeste da cidade) a Estação São Joaquim (zona centro) com uma extensão total de 15,3 km. Os túneis de via serão escavados principalmente com TBMs EPB. A demanda prevista para esta linha é 638.000 passageiros por dia. A maior parte da extensão será escavado com um TBM Ø 10,5 m. Métodos convencionais (B&D) de escavação serão utilizados em um trecho de rocha granítica. A figura 11 apresenta a seção geológica simplificada da Linha 6 Laranja.

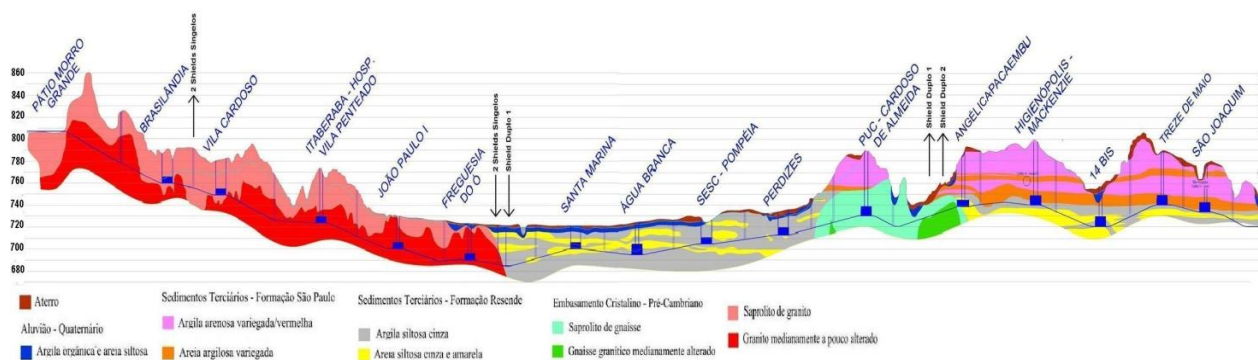


Figura 11 Seção geológica simplificada da Linha 6 do Metrô de São Paulo

## 5.3 Fortaleza Metro Linha 3 - Leste

A Linha 3 - Leste do Metrô de Fortaleza, em fase de projeto básico, vai ligar o centro da cidade com a parte sudeste da cidade. A estação terminal será localizada ao lado do Campus da Universidade de Fortaleza.



Os túneis de via serão escavados com 4 TBMs EPB Ø 6,9 m, mixed Face, recentemente contratadas junto a Robbins. Todas as 12 estações serão construídas com Vala a céu aberto, devido a favorável condição fisiográfica local. Um aspecto importante é a necessidade de pressurização da TBM, para minimizar os impactos em superfície devido às camadas de areia grossa que ocorrem na região. A Figura 12 apresenta a seção geológica esquemática da linha Leste.

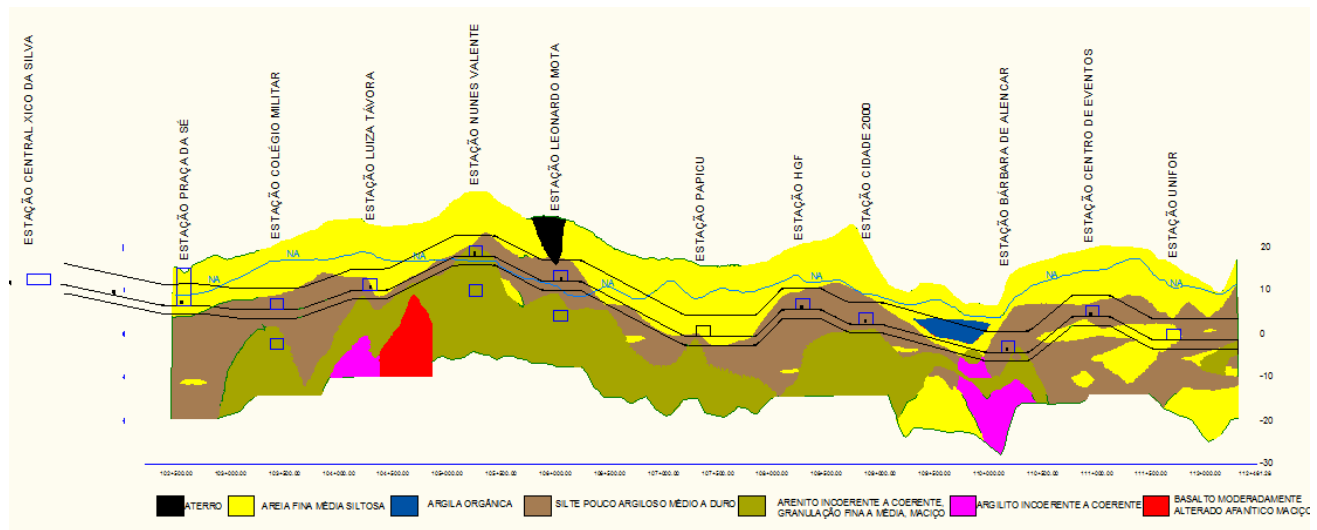


Figura 12 Seção geológica simplificada da Linha Leste do Metrô de Fortaleza (Fortes 2011)

## 5.4 Metrô do Rio de Janeiro

A Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro foi planejada na década de 1990 quando o sistema foi transformado em uma concessão. O projeto original tinha por objetivo ligar a Barra da Tijuca, no extremo sul da cidade à Estação Botafogo, ligando as zonas norte e sul da cidade, passando pelo centro.

Desde a década de 1990, a Linha 1 foi sucessivamente estendida para o sul através de Copacabana e Ipanema até chegar na Estação General Osório. Novos estudos mostraram a importância de interligar a Barra da Tijuca a Ipanema, conduzindo à alteração do alinhamento original da Linha 1. Muitos dos importantes projetos de desenvolvimento imobiliário tiveram lugar na Barra da Tijuca nos últimos anos. Avenidas altamente congestionadas são, atualmente, as únicas ligações possíveis para o centro da cidade e viagens podem levar até duas horas para percorrer 28 quilômetros.

O novo traçado da Linha 4 vai ligar a Estação General Osório, em Ipanema até a Estação Jardim Oceânico, na Barra da Tijuca. A linha será totalmente subterrânea com 14 km de comprimento e seis novas estações (Figura 13).



Figura 13 Trecho Sul da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro ( Sec. Transp. Rio-2011)

Os túneis entre a Estação General Osório e a Estação Gávea através de Ipanema (Trecho Sul), áreas densamente construídas, serão escavados com TBM EPB Ø 11,53m. Entre Gávea e Jardim Oceânico (Trecho oeste) o processo construtivo que já está sendo D&B.

## 5.5 Túnel Urbano Roberto Marinho SP

A concepção deste túnel urbano é um exemplo de uma parcela importante de mercado para obras subterrâneas no Brasil nos próximos anos. Neste caso, as soluções de tráfego subterrâneo estão sendo consideradas para melhorar a zona sul de São Paulo. O projeto é acoplado com o mercado imobiliário e parte do custo de construção vai ser coberto pelo lucro devido à reabilitação urbana. O uso potencial desse tipo de solução acoplada é muito elevado em muitas cidades brasileiras.

A cidade de São Paulo criou um programa para a reabilitação urbana da área em torno do Córrego da Água Espraiada, na parte sul da cidade, entre a Rodovia dos Imigrantes (a mais importante rodovia para a cidade e porto de Santos) e do Rio Pinheiros (*Avenida Marginal*), uma área que se tornou numa importante região empresarial nos últimos anos. Uma operação urbana foi criada pela Prefeitura com a finalidade de gerar fundos para o projeto de construção de uma avenida ao longo do riacho.

A primeira seção da avenida já foi construída, a chamada Avenida Roberto Marinho. A 3 km de chegar ao final, a Rodovia dos Imigrantes está ocupada irregularmente por habitações de baixa renda. Cerca de 7 mil famílias que vivem lá serão transferidas para novos apartamentos a serem construídos por um programa de interesse social de habitação. O projeto original previa a construção de 3 km avenida em nível. Estudos Urbanísticos, no entanto, mostraram que uma solução subterrânea, preservando a superfície para um parque linear com aproximadamente 3 milhões de metros quadrados, teria um impacto muito mais positivo sobre a vizinhança.

Dois túneis duplos para três faixas cada uma, 147 m<sup>2</sup> de área de seção transversal e largura de 15.7m estão na fase de projeto final. Áreas de estacionamento e a de emergência terão seções de 168 m<sup>2</sup>. Os túneis serão escavados em maciços brandos, consistindo principalmente em argilas rijas e camadas arenosas da Bacia Terciária de São Paulo e trechos de solo residual de gnaiss pré-cambriano.( Celestino 2011)

## 5.6 TAV

Um sistema ferroviário de alta velocidade (TAV) está sendo planejado para operar na região mais populosa e economicamente ativa no país. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) foi designada pelo Governo Federal para realizar o projeto do TAV Brasil ([www.tavbrasil.gov.br](http://www.tavbrasil.gov.br)). O Consórcio Halcrow – Sinergia foi contratado para realizar os estudos de viabilidade. Trechos do estudo de viabilidade são apresentados abaixo (Halcrow - Sinergia, 2009).

Em 2008, a demanda total estimada entre Rio de Janeiro e São Paulo foi de 7,3 milhões de viagens, com uma parcela do mercado de transporte aéreo de 60%, 17% para carro e 23% para ônibus. Para todo o sistema, os estudos indicaram uma demanda de 18,0 milhões de viagens em 2008 e 32,6 milhões em 2014. A ponte aérea, que tem uma frequência de 15 minutos, um tempo de viagem 55 minutos porta-a-porta e atualmente 71 vôos diários em cada sentido, domina o mercado de passageiros de negócios sensíveis ao tempo. O sistema, porém, é sensível às condições meteorológicas e atrasos significativos ocorrem. A necessidade de um sistema de alta velocidade ferroviário é clara.

O TAV será executado entre Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 13), também ligando os aeroportos de Viracopos, Guarulhos e Galeão às suas áreas metropolitanas. O sistema será projetado para operar a uma velocidade máxima de 350 km/ h. A distância total estimada entre Campinas e Rio de Janeiro é 511 km, com a distância entre São Paulo e Rio de Janeiro sendo cerca de 412 km. Com base no traçado desenvolvido, o tempo de viagem non-stop entre as duas cidades é estimado em aproximadamente 1 hora e 33 minutos. Tempos de viagem com um serviço de alta velocidade de longa distância entre o Rio de Janeiro e Campinas vão durar até cerca de duas horas e meia.





Figura 14- Traçado proposto para o TAV (Halcrow – Sinergia Consortium 2009)

O traçado proposto pela ANTT terá 90,9 km de túneis, 46,6 dos quais serão localizadas em áreas urbanas e 44,3 nas áreas rurais. Nas áreas rurais, os mais longos túneis serão localizados na Serra das Araras, uma escarpa com cerca de 500 m de diferença de altitude.

O custo total de construção estimado pela ANTT para os túneis serão U\$ 6,3 bilhões dólares na fase de estudos de viabilidade. Para pontes e viadutos a estimativa atinge U\$ 4,2 bilhões. A estimativa total para as obras civis é U\$ 14,5 bilhões. Esses custos serão reavaliados quando um projeto de engenharia preliminar se torna disponível.

O processo de licitação para a concessão (design, construção e operação) está em andamento.

## 6 Conclusões

Foi apresentada uma pequena amostra dos projetos subterrâneos em curso no Brasil.

O mercado de túneis no Brasil apresenta clara taxa de aumento da demanda. Há uma crescente necessidade de infraestruturas urbanas, mesmo que as recentes taxas de crescimento econômico diminuam em face da crise mundial.



Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2012  
Outubro / 2012



@ 2012 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Cabe à engenharia brasileira criar meios de suprir tais necessidades, viabilizando obras seguras e econômicas, utilizando as melhores técnicas de projeto e construção disponíveis.

## 7 Agradecimentos

Ao professor, conselheiro e amigo Tarcisio Barreto Celestino, autor principal do artigo *Tunnelling Market in Brazil*, que fui co-autor, no qual este artigo foi baseado.

## 8 Referências

ALMEIDA , J. H. **Túneis de Transposição do Rio São Francisco** , Lote 4- CBT 2011- Salvador( inédito)

Carvalho. N. (2006) **Túneis Rodoviários**. In: T.B. Celestino, A. Koshima, R.C.A. Telles & A.P. Assis (Eds.) *Túneis do Brasil*. Comitê Brasileiro de Túneis- ABMS, São Paulo. (2006)

CELESTINO , T. B. ; ROCHA , H. C. **Tunnelling Market in Brazil**- Revista Tunnel 5/2011-Stuva- 2011

HALCROW – SINERGIA CONSORTIUM **Brazil TAV Project – Demand and Revenue Forecast**, Vol. 1. ANTT Agência Nacional de Transporte Terrestre. (2009)

METRÔ DE SÃO PAULO – Linha 6 – Laranja, **Audiência Pública** - <http://www.metro.sp.gov.br>

PHILIPP ELSNER; CLAUDIO VIDAL. **Experiences from the first Hard Rock TBM tunnel drive in Brazil** 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE TÚNEIS E ESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS (2012)

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO ,. **Linha 4** , ppt-CBT 2011- Rio de Janeiro ( inédito)-2011

SILVA TELLES, P.C. **Túneis antigos do Brasil**. In: T.B. Celestino, A. Koshima, R.C.A. Telles & A.P. Assis (Eds.) *Túneis do Brasil*. Comitê Brasileiro de Túneis- ABMS, São Paulo. (2006)

FORTES , R. S; ARAGÃO, F.E.P; BLANES, J.R.; LEME R.M-**Uso de TBM em areia: Uma solução para a Linha Leste do Metrô de Fortaleza**- 17ª Semana de tecnologia Metroferroviária- Aeamesp- (2011).