



24ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA



5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS CATEGORIA 1



MAGLEV METROPOLITANO - CIDADES DO PROJETO PILOTO

1 - INTRODUÇÃO

A greve dos transportadores rodoviários (autônomos e empresas) do mês de maio de 2018, que provocou desabastecimento e um grande abalo econômico em todo país, evidenciou o risco do transporte público sobre pneus nas cidades que não dispõem de alternativa metroferroviária. Houve uma inequívoca demonstração de força, que deixou de joelhos os poderes constituídos e uma capacidade de mobilização que não existia antes da facilidade de comunicação proporcionada pela Internet. Nada indica que tal força deixará de se manifestar no futuro, exceto se houver uma oposição, propiciada pelo avanço tecnológico.

Das 90 cidades brasileiras com mais de 300 mil habitantes, 2/3 utilizam apenas ônibus a diesel no transporte público, inclusive a 8ª cidade mais populosa, Curitiba, a capital do Paraná, onde foi criado no país o primeiro BRT, chamado de “Ligeirinho”. Porém, com velocidade média de 17km/h, enquanto num metrô moderno a velocidade média é de 60 km/h, esta designação revela-se inadequada.

Veículos rodoviários elétricos, alimentados por rede aérea, supercapacitores em pontos fixos ou com baterias perdem todas as vantagens ao viajarem na mesma velocidade do tráfego.

Os BRT's, uma solução barata e fácil de ser implantada, aumenta a velocidade média em 20%. No caso das grandes capitais, como São Paulo, segundo estudos do Instituto Estadual

de Energia e Meio Ambiente [IEMA] a velocidade média nos corredores exclusivos passou de 12 para 14 km/h.

A cada vez mais reduzida velocidade média é o grande entrave do transporte público no Brasil, que vem contribuindo para a contínua queda de demanda e conseqüente aumento de custo e estímulo ao transporte individual motorizado, como demonstram estudos da ANTP e IPEA. Apenas no transporte segregado, não compartilhando a via pública com o tráfego dos demais veículos, é possível aumentar a velocidade média, principalmente no horário de pico. O metrô, em via subterrânea ou em elevado, é a melhor solução, porém é considerada uma alternativa cara, viável apenas nas grandes capitais. O que é uma verdade, com a atual tecnologia, mas que pode ser desmentida, apostando-se na inovação.

Este trabalho é uma continuação do artigo apresentado na 23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária, onde foram analisadas 10 cidades com população acima de 300 mil habitantes, inclusive as cinco capitais servidas pela CBTU. Nesta amostragem inicial, onde teoricamente seria factível a implantação de um metrô moderno, com levitação eletromagnética e na modalidade de PPP (Parceria Público Privada), somou-se mais duas; porém, efetivamente interessadas, apenas três decidiram pelo aprofundamento das análises de viabilidade: Petrópolis (RJ), Juiz de Fora (MG) e Londrina (PR).

O trabalho se propõe a demonstrar tecnicamente que através de uma moderna tecnologia de levitação eletromagnética a meta de um transporte urbano rápido e econômico, capaz de

ser financiado e operado pela iniciativa privada é factível, embora difícil, sendo viável sua aplicação em cidades de porte médio.

2 - DIAGNÓSTICO

Para que o transporte público seja viável sem subsídios e interessante para exploração pela iniciativa privada, através de uma PPP (Parceria Público Privada) é necessário: Custo Baixo e Demanda Alta. *Custo Baixo* na implantação e operação; *Demanda Alta* na regularidade e velocidade.

2.1 - REDUÇÃO DE CUSTO DA ENGENHARIA CIVIL NOS TÚNEIS

Nas implantações metroferroviárias os custos de engenharia civil ficam em torno de 2/3 dos custos totais. Portanto, é neste item que a redução do custo total é mais promissora. No transporte metroferroviário segregado, ou seja, não disputando espaço com os demais veículos, através de vias em elevado ou subterrâneas, a tecnologia de levitação eletromagnética oferece vantagens inerentes.

Pelo fato de não possuir rodas, truques, motores rotativos e capacidade de inscrição em curvas de 50 m de raio e vencer rampas até o limite legal de 8,25%, um trem Maglev, do inglês *Magnetic Levitation*, se insere em um túnel para linha singela de 4m de diâmetro,

enquanto um trem comum exige túnel de no mínimo 6,90 m, como demonstrou a Linha 5 Lilás do Metrô de São Paulo (MSP), com 10 km escavados em túnel singelo e 5 km em túnel duplo, adotado devido à soma dos diâmetros das tuneladoras menores (*Tatuzetes*) ser superior ao diâmetro da tuneladora maior (*Tatuzão*), mais adequada para as avenidas estreitas.



Fig. 1 - Dupla de tuneladoras *Tatuzetes* "Lina" e "Tarsila" de \varnothing 6,9 m na Linha 5 Lilás do MSP

Comparando a área da seção transversal de dois túneis Maglev de 4,6 m de diâmetro com um túnel de 10,5 m do *Tatuzão*, há uma redução quilométrica de volume de solo escavado de 62% ($86.590\text{m}^3/\text{km}$ no túnel duplo e $33.238\text{m}^3/\text{km}$ em dois túneis singelos). O túnel Maglev de \varnothing 4,6 m é também vantajoso na comparação com o túnel roda-trilho de \varnothing 6,9 m,

ao propiciar uma redução de 56% no volume de solo escavado ($33.238\text{m}^3/\text{km}$ em dois túneis singelos de $\varnothing 4,6$ m contra $74.786\text{m}^3/\text{km}$ os dois túneis de $\varnothing 6,9$ m).

Esta grande redução de volume de solo removido reflete-se diretamente no custo construtivo, pelo menor desgaste de componentes, menor consumo de energia (custos variáveis) e menor tempo devido à maior velocidade de avanço (custo fixo). Seria também pelo menor custo do equipamento, mas os fabricantes, mais interessados na venda dos componentes do que na aquisição da tuneladora pelo cliente, por questões mercadológicas reduzem o preço proporcionalmente ao diâmetro e não ao quadrado do diâmetro, como seria esperado, pela Geometria Euclidiana.

Fazendo uma comparação expedita, da recente Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro (MRJ) que custou cerca de R\$ 10 bilhões, em seus 16 km na tecnologia tradicional roda-trilho, que utilizou uma tuneladora de 11,5 m de diâmetro, que em 5,2 km movimentou um volume de solo 549.553m^3 , caso fosse construído como a levitação eletromagnética (172.838m^3), haveria uma economia de volume escavado de 69%, equivalente a mais do que o triplo da extensão original. Ou seja, praticamente com o mesmo custo (sem mexer no faturamento das empreiteiras), aumentando a extensão da linha a capacidade de atrair demanda seria muito maior, provavelmente atingindo a meta de 300 mil passageiros diários prevista e não os 150 mil agregados ao sistema a este custo milionário.

A L5 do MSP, que levou 20 anos em construção (1998-2018), caso fosse construída com a levitação eletromagnética em vez de escavar (considerando apenas os túneis) 1,18 milhões de metros cúbicos nos 15 km de túneis (10km para linha singela e 5km para linha dupla), as duas tuneladoras de Ø 4,6 m de diâmetro escavariam apenas 499 mil metros cúbicos - uma redução de 58%.

Pode-se argumentar, com toda razão, que na época em que foram projetadas ambas as linhas do metrô carioca e paulista não existia a tecnologia de levitação eletromagnética para baixa velocidade (até 120 km/h) disponíveis no mercado, em operação a partir de junho de 2016. Mas agora existe. Por esta razão, os arquitetos e engenheiros metroviários precisam atualizar seus conceitos e aproveitar as vantagens decorrentes da evolução tecnológica, sendo esta argumentação *Euclidiana* apenas uma provocação, pois a engenharia de túneis é complexa e envolve muitas variáveis.

2.2 - REDUÇÃO DE CUSTO DA ENGENHARIA CIVIL NAS VIAS ELEVADAS

Outro aspecto importante na comparação tecnológica entre a levitação eletromagnética e a metroferroviária tradicional, está nas vias em elevado. A carga vertical de uma roda ferroviária sobre um trilho é uma carga concentrada e a variação de flecha entre o tráfego de um veículo vazio e um veículo lotado tem pouca importância, sendo as tensões devido à flexão mais importantes. Deste modo, a engenharia civil tradicional preconiza vigas bi apoiadas, sendo as em concreto protendido de grande inércia sempre vantajosas em comparação de custo com uma estrutura metálica.

Na levitação eletromagnética, devido ao *gap* (altura de levitação) 10mm (± 2 mm), o efeito da flecha tem uma importância muito grande, em função do comprimento do trem e de sua base rígida.

Observa-se na figura do Maglev urbano em operação há dois anos na China que o projetista utilizou na estrutura viga bi apoiada, ou seja, uma estrutura pesada para um trem leve por natureza, dado o consumo energético necessário para levantar (1,6 kw/t).



Fig. 3 - Predomínio de vigas bi apoiadas no *Maglev Express* de Chagsha (China, 2016)

As fórmulas da Resistência dos Materiais indicam uma diretriz a ser investigada com o objetivo de reduzir os custos em via elevada.

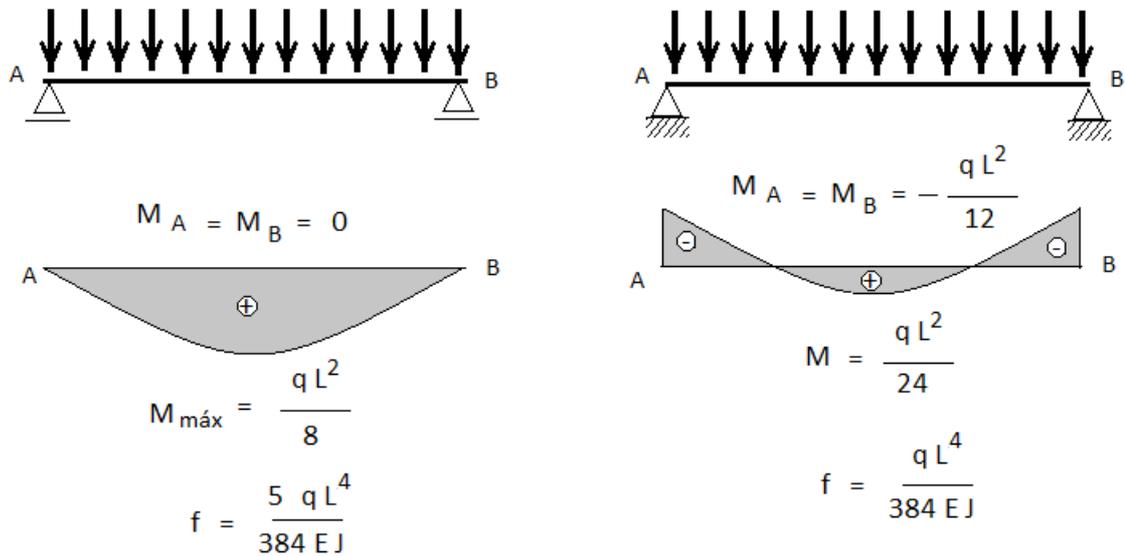


Fig. 4 - Fórmulas Clássicas da Resistência dos Materiais

Admitindo as unidades do SI (Sistema Internacional), a carga q em quilo Newton distribuída ao longo da via, resultante da soma do peso próprio da estrutura somado do peso do veículo vazio ou carregado ou lotado, multiplicado por um coeficiente de impacto que na faixa de velocidade operacional de 1,2; um comprimento de viga de inércia constante medindo L metros entre apoios; J o Momento de Inércia da estrutura (metro) e E o Módulo de Elasticidade medido em Giga Pascal (GPa), com valores de 200 GPa para o aço estrutural A-35 e 25 Gpa para o concreto de resistência média, observa-se:

- a flecha de uma viga engastada é cinco vezes menor do que a flecha de uma viga bi apoiada;

- o concreto é muito mais elástico do que o aço, resultando que as estruturas de concreto de mesmo momento de inércia do que uma estrutura de aço, irá apresentar flechas oito vezes maiores;
- quanto maior a inércia (J), menor o valor da flecha.

Portanto, nesta fase de pré dimensionamento e avaliação econômica, recomenda-se uma estrutura mista, composta uma laje de concreto de grande inércia apoiada sobre uma viga caixão metálica, de seção trapezoidal para facilitar o transporte, onde os cabos de energia encontram-se embutidos, sobrando ainda espaço para seis tubos de fibra ótica de 100 mm de diâmetro, criando uma infovia ao longo da linha metroviária. O vão adotado é de 24 metros, composto pela junção parafusada (para dispensar alívio de tensão resultante de soldagem) de 12 metros de comprimento, capazes de serem transportadas em qualquer semirreboque carga seca comercial.

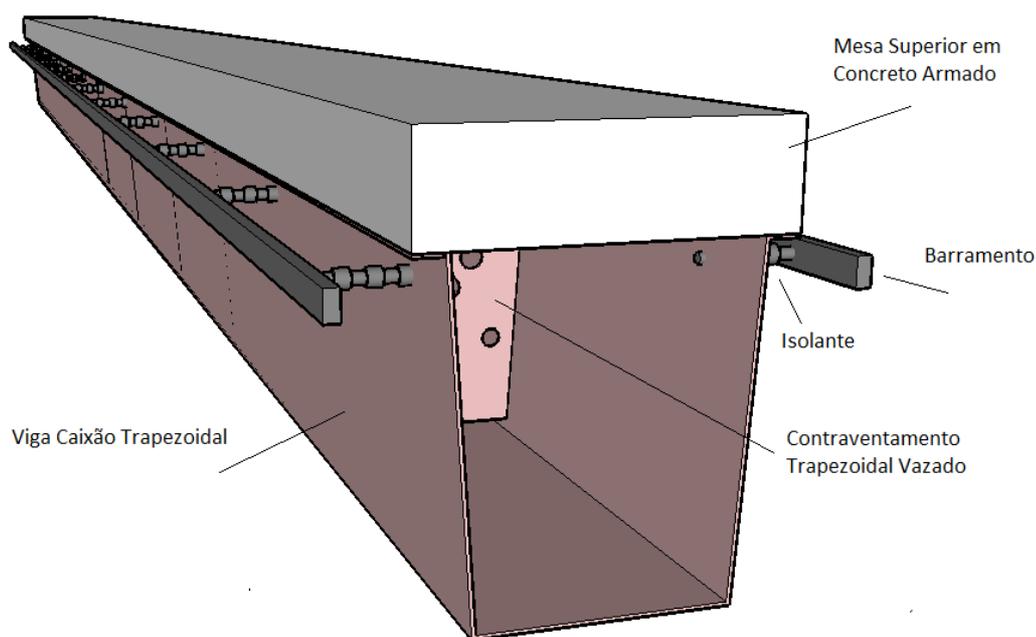


Fig. 5 - Viga mista para apoio da linha do Maglev

Esta abordagem para a estrutura elevada do Maglev é incomum e desprotegida pelas normas técnicas, indicando que um bom trabalho para otimização. Felizmente se dispõe atualmente de programas sofisticados, com base na metodologia de elementos finitos, para auxiliar o calculista. Para efeito de pré viabilidade, simulações indicaram que a adoção de viga contínua (hiperestática) em vez de bi apoiada resultou em uma economia de aço estrutural superior a 65%, reduzindo o custo total, indicando que as vigas contínuas em vez de vigas bi apoiadas pode ser a melhor opção no projeto do Maglev Metropolitano. A decisão final, todavia, só pode ser tomada em comparações com situações reais, onde outras variáveis importantes se façam presentes.

2.3. REDUÇÃO DO CUSTO DA ENGENHARIA CIVIL NAS ESTAÇÕES-*SHOPPING*

Observa-se, não apenas no Brasil, que a área de exploração comercial nas estações ocupam espaço improvisado. Na proposta do Maglev Metropolitano, todas seriam estações-shopping, destinadas não apenas ao tráfego de passageiros mas sobretudo a exploração comercial, pois dada a grande movimentação, seriam excelentes pontos de vendas. Uma parcela apreciável da amortização do investimento decorreria do aluguel das áreas comerciais, além de atrair investidores capitalizados do setor de shopping para o empreendimento. O passageiro para ter acesso à estação deve percorrer pelo menos 50% da área comercial, pois o acesso da rua para o shopping seria pelo centro e o acesso às roletas das estações pela extremidade.

A padronização dos projetos é outro ponto importante. Atualmente é raríssimo encontrar nos sistemas metroviários estações iguais. Isto decorre, além das limitações locais, do hábito de convidar arquitetos renomados para darem o seu toque artístico pessoal a cada estação. Na proposta do Maglev Metropolitano deve-se fazer um grande esforço na padronização, permitindo que as escadas rolantes e elevadores sejam padronizados, os passageiros embarquem sempre pelo centro e desembarquem pelas laterais, resultando em um fluxo unidirecional, com economia de 25% no tempo de parada em cada estação, pois o passageiro que entra não precisaria aguardar pelo passageiro que sai do veículo.

Fig. 6 - Estação Maglev com portas e padronizada: entrada pelo centro e saída pelas laterais



Como fator de segurança, deve-se adotar portas que permitam o acesso à plataforma de embarque e desembarque apenas com a presença do trem e operação automatizada, dispensando a presença do maquinista, um importante fator de redução de custo operacional, tecnologias testadas e aprovadas na Linha 4 Amarela do MSP, operada pela iniciativa privada.

Com tais reduções de custo, nas três cidades analisadas o item *Engenharia Civil*, reduziu sua participação de 2/3 para metade do custo total de implantação.

2.4 - AUMENTO DA DEMANDA DE PASSAGEIROS

Dada a predominância do transporte sobre pneus na mobilidade urbana em todo o país e força política dos empresários que comandam as empresas concessionárias deste transporte público, um projeto de metrô em cidades médias só terá sucesso se forem sistemas complementares, onde todos ganham.

Das três cidades, Londrina tem um bom sistema de BRT, com estações concentradoras alimentadas por micro-ônibus, num sistema denominado PSIU. Em Juiz de Fora, na área central, ônibus comuns circulam em um corredor e em vários bairros existem faixas exclusivas. Em Petrópolis, dada sua topografia acidentada, existem poucos trechos de faixa exclusiva para ônibus, predominando como na cidade mineira as linhas *Bairro-Centro*. Em todas se observa uma grande diferença no tempo de viagem entre a faixa horária de vale e de pico, que oscilam entre 50% e 100%.

Nos horários de pico, com a frota presa em congestionamentos, o tempo de espera nos pontos aumenta, sacrificando a população que usa o transporte público e estimulado o uso do transporte individual, sobretudo as motos de baixa potência e mais baratas. Portanto, a solução para melhorar a qualidade do serviço prestado à população passa por uma completa reformulação das linhas de ônibus na região de influência da linha metroviária.

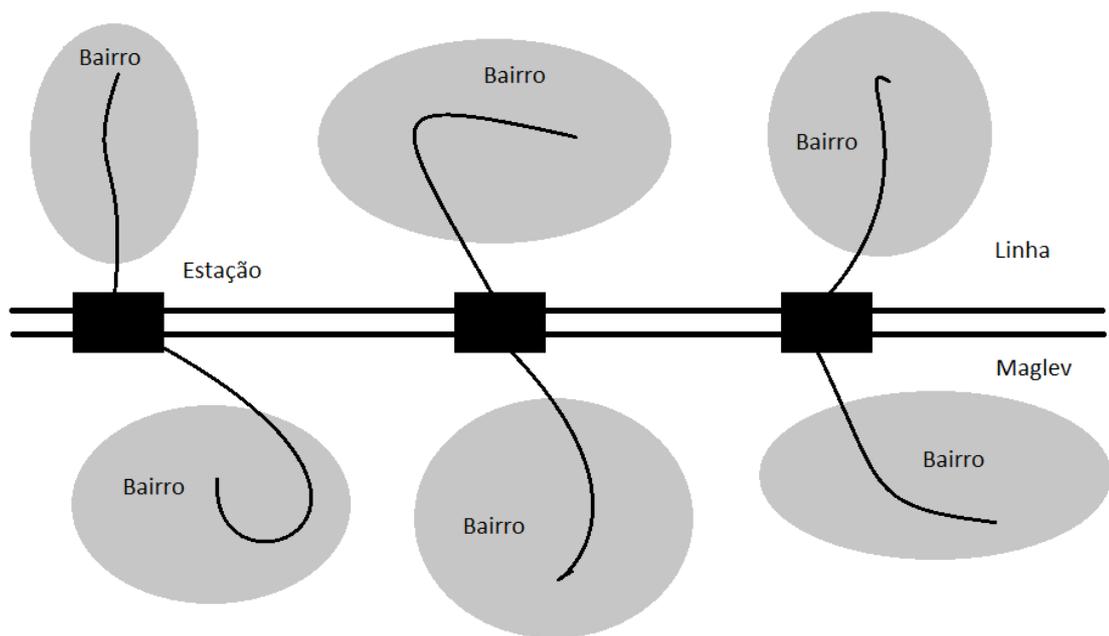


Fig.7 - Reformulação das linhas de ônibus: bairro-estação ao invés de bairro-centro

Como a responsabilidade da concessão do transporte urbano é, constitucionalmente, das prefeituras discute-se a conveniência deste sistema inovador de atribuir a operação aos governos estaduais, como é o modelo predominante no Brasil.

O lobby do transporte público sobre pneus é poderoso e, diante da crescente queda de demanda, os empresários forçam as autoridades por desoneração fiscal e subsídios crescentes, sendo o preço artificial do óleo diesel, decorrente da greve dos transportadores, a maior evidência deste poder. Os concessionários de linhas urbanas dificilmente aceitarão compartilhar sua receita, apesar de a lógica indicar que teriam maior rotatividade e transportariam mais passageiros por veículo e por tempo, melhorando sua rentabilidade. Surge, portanto, a oportunidade de, mais uma vez, fazer uso dos avanços tecnológicos, no

caso utilizando-se ônibus elétricos, uma tendência que ainda engatinha no país e que merece uma análise mais detalhada.



Fig. 8 - Ônibus elétrico fabricado no Brasil em teste no Rio de Janeiro e Campinas

Uma pequena frota dos veículos fabricados pela empresa chinesa *Byd* encontra-se em teste na cidade de Campinas, Rio de Janeiro e outras. São veículos de piso baixo, capacidade em torno de 100 passageiros (padrão), alimentados com baterias leves de lítio, as mesmas usadas nos veículos elétricos. Seu custo é de R\$ 1 milhão, enquanto um ônibus comum da mesma capacidade custa R\$ 400 mil. Os testes operacionais serão, é claro, bem-sucedido, pois o veículo já circulou em outros países e todos os problemas técnicos foram resolvidos. A grande questão é comercial. Um empresário compraria um veículo 2,5 mais caro por quê? Vai rodar na mesma velocidade de um ônibus comum, pois depende do fluxo de tráfego, inclusive nas faixas de BRT. Sendo piso baixo terá dificuldade de vender o veículo de segunda mão para um mercado secundário (cidades médias e pequenas), que seria depois literalmente impossível de ser adquirido pelo mercado terciário, das cidades pequenas ou que operam em zonas rurais (os "mata-sapo"). Só comprarão se veículo for subsidiado pelo governo, ou seja, for desviado recursos públicos de outras áreas, por exemplo saúde,

segurança e educação. Estaria, então, condenada no Brasil a tendência de veículos elétricos, geradores de inquestionáveis benefícios macroeconômicos e ambientais?

A implantação do Maglev Metropolitano nas três cidades do projeto-piloto permite uma experiência interessante, que beneficia a todos. Da seguinte forma:

1. O sistema metropolitano é proprietário de uma frota de ônibus elétrico que são alugados aos empresários concessionários para coletar passageiros nos bairros para a estação, sendo remunerados com partilhamento tarifário.
2. As baterias, item mais caro do veículo, seriam alugadas dos fabricantes e recarregadas nas próprias estações, usufruindo dos benefícios de uma maior demanda elétrica e utilização de horário noturno, quando a tarifa é mais baixa.
3. O empresário com operação alugada, poderia se desfazer de sua frota para um mercado secundário, auferindo capital de giro.

Outra forma de atrair demanda encontra-se no andar de shopping, existente em todas as estações, tanto em elevado com subterrânea. Exploradas por empresas especializadas, além de lojas âncora, podem atrair um mercado especializado, por exemplo, de informática. As primeiras simulações indicam que o conjunto das estações seriam capazes de arrecadar pelo aluguel do espaço o equivalente a 15% de toda receita bruta.

3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 - PROJETO-PILOTO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA

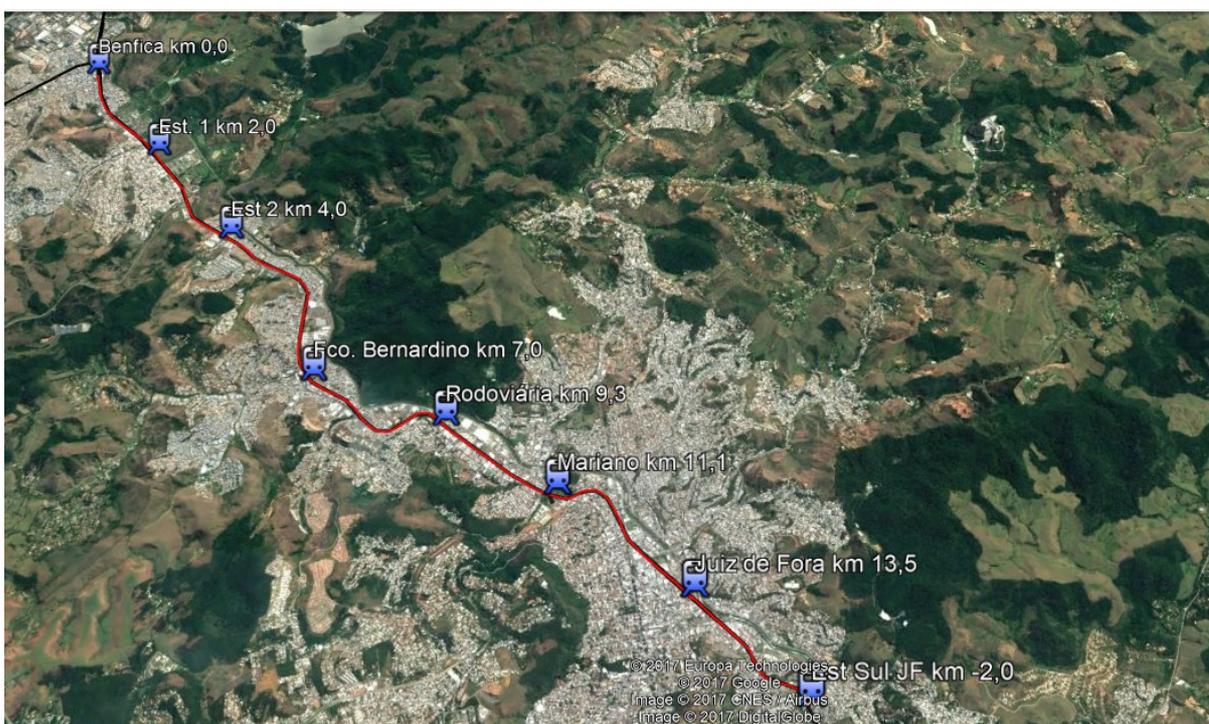


Fig. 9 - Linha de 13,5 km em elevado ao longo da faixa da ferrovia MRS Logística

Das três cidades trata-se da linha de mais fácil implantação. O desnível a ser vencido em 13,5 km é de apenas 7 metros. As estações foram inicialmente localizadas onde atualmente existem passarelas de pedestres, ocupando apenas o espaço aéreo da ferrovia e posicionadas acima de 6,5 m do boleto dos trilhos, não prejudicando um eventual transporte pela ferrovia de contêiner empilhado. Os pilares, tanto das estações como da via, estariam

localizados fora da faixa de domínio da concessão ferroviária, em espaço público, administrado pela própria Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (PMJF), sem necessidade de desapropriações.

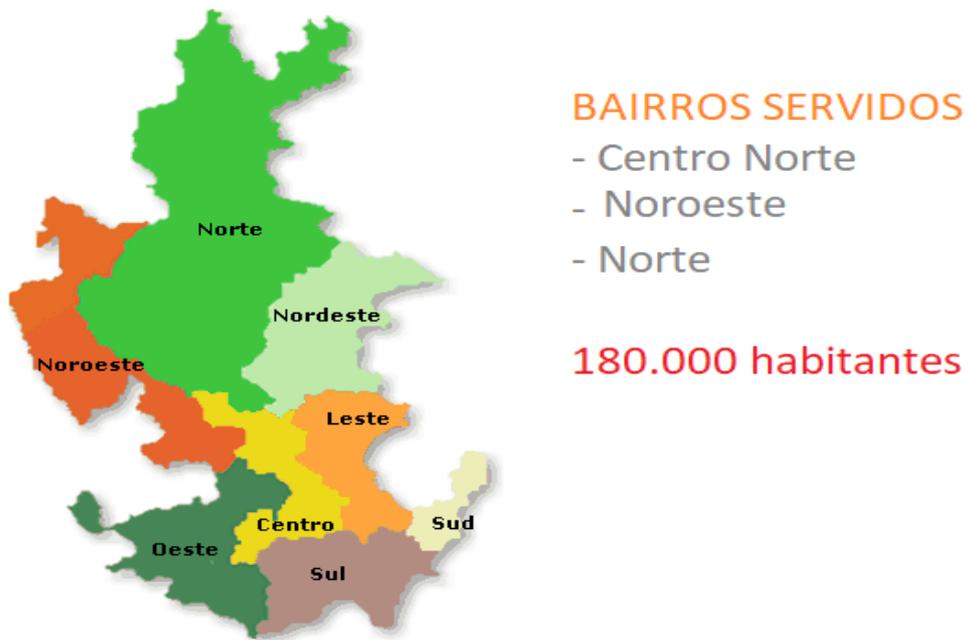


Fig. 10 - Demanda diária 108 mil passageiros e crescimento de 3% a.a.

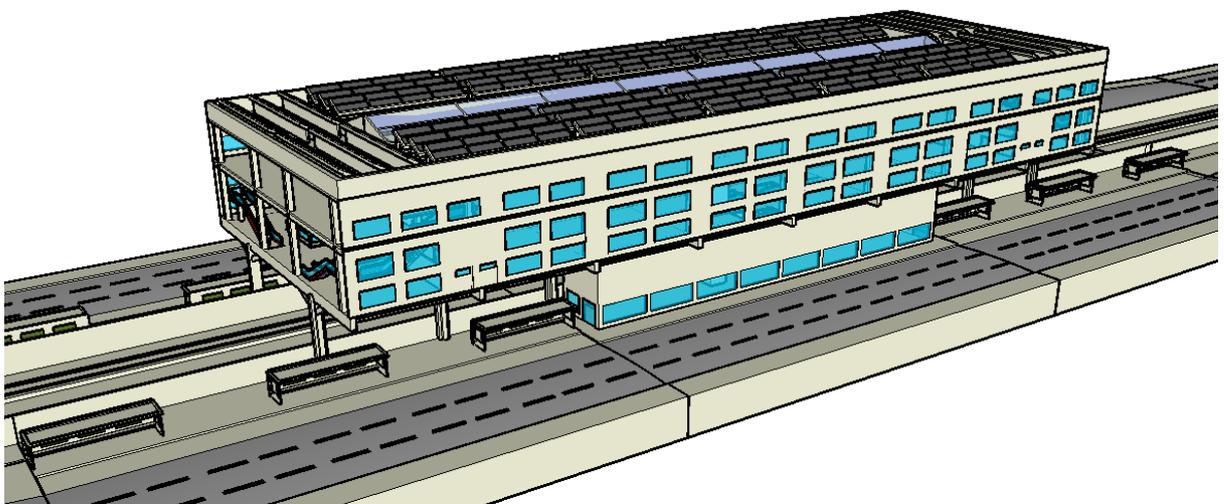


Fig. 11 - Estação padrão de Juiz de Fora sobre a MRS com integração rodoviária

Como sugestão aos arquitetos o autor desenvolveu estações-shopping padrão, em estrutura de concreto ou estrutura metálica, com pequenas alterações de fachada, cobertura e acessos, mas mantendo-se padronizada o interior. No caso de Juiz de Fora, a cobertura central de vidro, para propiciar iluminação natural, compartilha o espaço com painéis solares.

Como modelo de negócio, a edificação das nove estações previstas para o Maglev Metropolitano de Juiz de Fora, seriam construídas por empresas da cidade, empregando mão de obra local.

Os primeiros indicadores econômicos indicam ser o projeto viável para investimento privado, através de uma PPP, com Taxa Interna de Retorno de 10,91% a.a. considerando uma taxa de atratividade de 4,5% a.a. O custo quilométrico do Maglev Metropolitano completo foi de R\$ 70,86 milhões (em valores de junho de 2018), equivalente a 12% do custo da Linha 4 do Metrô Rio (R\$ 600 milhões/km).

A cidade de Juiz de Fora, considerada no início do século passado a "Manchester Mineira", por seu alto grau de industrialização pioneira, tem uma população fixa em torno de 575 mil habitantes, mas uma grande população flutuante, pois é um polo regional importante. É uma ótima escolha como cidade piloto para o Maglev Metropolitano, pela facilidade de

implantação e interligar o centro da cidade ao Distrito Industrial, que pode, inclusive, abrigar fábricas de componentes para o projeto, como por exemplo, as escadas rolantes que somam mais de 500 unidades.

A Escola de Engenharia da Universidade Federal de Juiz (UFJF) é das mais tradicionais no Brasil e houve evidente interesse em desenvolver cursos especializados, em nível de pós-graduação, na tecnologia de levitação eletromagnética.

O Estado de Minas Gerais possui nove municípios com população acima de 300 mil habitantes (Belo Horizonte, Uberaba, Contagem, Juiz de Fora, Betim, Montes Claros, Ribeirão das Neves, Uberaba e Governador Valadares), caracterizando a escolha da cidade como projeto-piloto como exemplo para as demais que anseiem por um transporte público de qualidade, principalmente a sua capital.

3.2 - PROJETO-PILOTO NA CIDADE DE LONDRINA

A segunda maior cidade do estado do Paraná tem padrão europeu. Das três é que apresenta a maior extensão, que poderia quase triplicada considerando a Região Metropolitana. A cidade de Londrina tem uma população inferior a 600 mil habitantes, forma um conglomerado superior a 1 milhão.

Sendo uma cidade planejada relativamente jovem (fundada em 1934) exerce uma grande liderança regional e possui todos os atributos para se tornar o melhor exemplo de inovação tecnológica em transporte metropolitano para todo o país. O Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL) traçou linhas potenciais que extrapolam os limites do município, totalizando 75,3 km. No entanto, por uma questão de coerência, optou-se por analisar economicamente apenas o trecho de 28,4 km, sendo 19,8 km em linha em elevado e 8,6 km em via subterrânea.

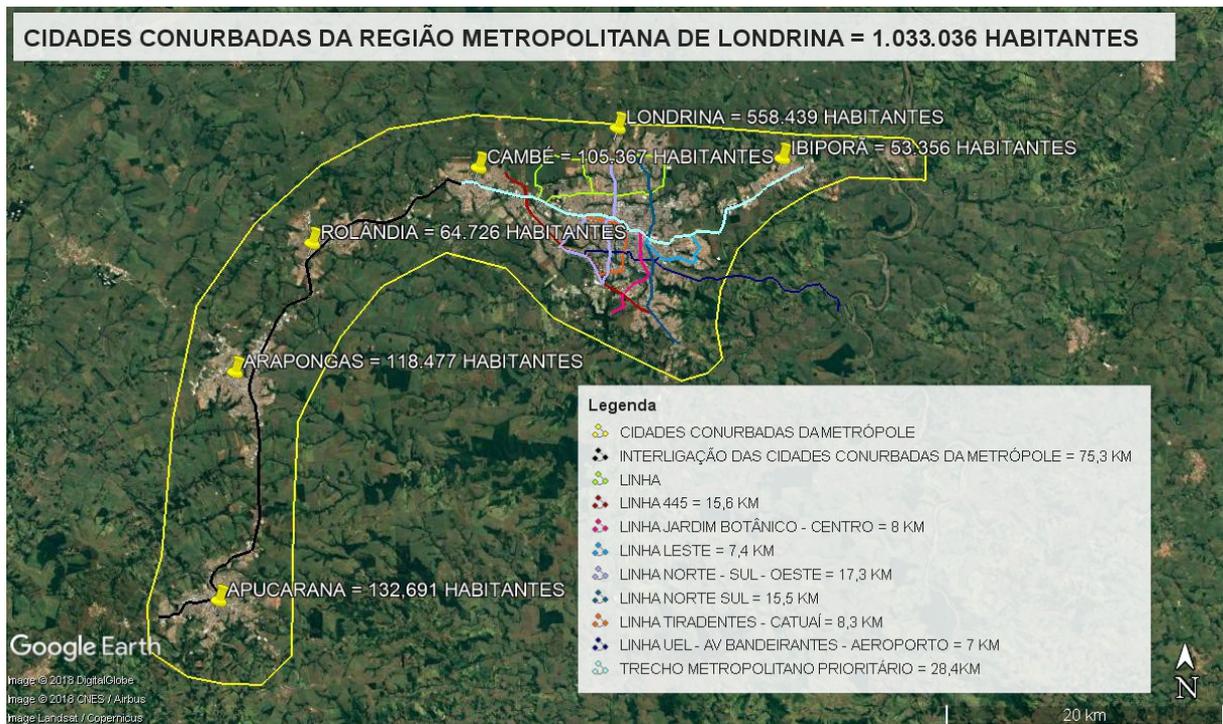


Fig. 12 - Região Metropolitana de Londrina integrada com o Maglev Metropolitano

As estações em elevado de Londrina podem ter uma arquitetura opcional, entre o modelo sugerido para Juiz de Fora e para Petrópolis. A maioria estará localizada sobre o canteiro

central de suas amplas avenidas, seguindo o traçado da rede aérea de energia, que poderá ser subterrânea. Como se trata de uma cidade plana, a utilização de veículos não motorizados, como as bicicletas.

A demanda prevista inicialmente é de 496 mil passageiros diários, com taxa de crescimento de 5%. Os indicadores econômicos demonstram ser o projeto viável, com Taxa Interna de Retorno de 9,33% a.a. com a mesma taxa de atratividade de 4,5% a.a. e investimento total de R\$ 2,3 bilhões.

O estado do Paraná possui seis cidades com população acima de 300 mil habitantes (Curitiba, Londrina, Maringá, Ponta Grossa, Cascavel e São José dos Pinhais), podendo servir de exemplo para toda a Região Sul, mas especialmente a capital Curitiba, que chegou a projetar um metrô, dada a insuficiência de seu atual sistema sobre pneus, que entretanto não foi implantado. Quem sabe, como cidade-exemplo, está apenas esperando pelo teste de Londrina?

3.3 - PROJETO-PILOTO NA CIDADE DE PETRÓPOLIS

Das três cidades é a mais complicada, devido à menor demanda (300 mil habitantes, sendo 85% influenciados pelo metrô), topografia montanhosa da região serrana do estado e como cidade histórica sujeita a restrições do Instituto Nacional do Patrimônio Histórico e Artístico (IPHAN). No entanto, tem como vantagem ser relativamente próxima dos aeroportos do Rio

de Janeiro (cerca de uma hora de viagem, com trânsito bom), o que facilita as visitas para conhecer o sistema.

A linha prioritária seria um arco (Arco Imperial) de 16 km. Optou-se para a realização deste estudo preliminar de viabilidade em trechos que não estariam sujeitos a inundações, fenômeno frequente no verão, já demandou vários projetos, inclusive um patrocinado pelo Ministério das Cidades em fase de licitação. Como a cidade possui uma identidade cultural pela colonização alemã desde 1845, sugere-se uma arquitetura de inspiração germânica. Um simples desenho que pode e deve ser melhorado pelos arquitetos e artistas.

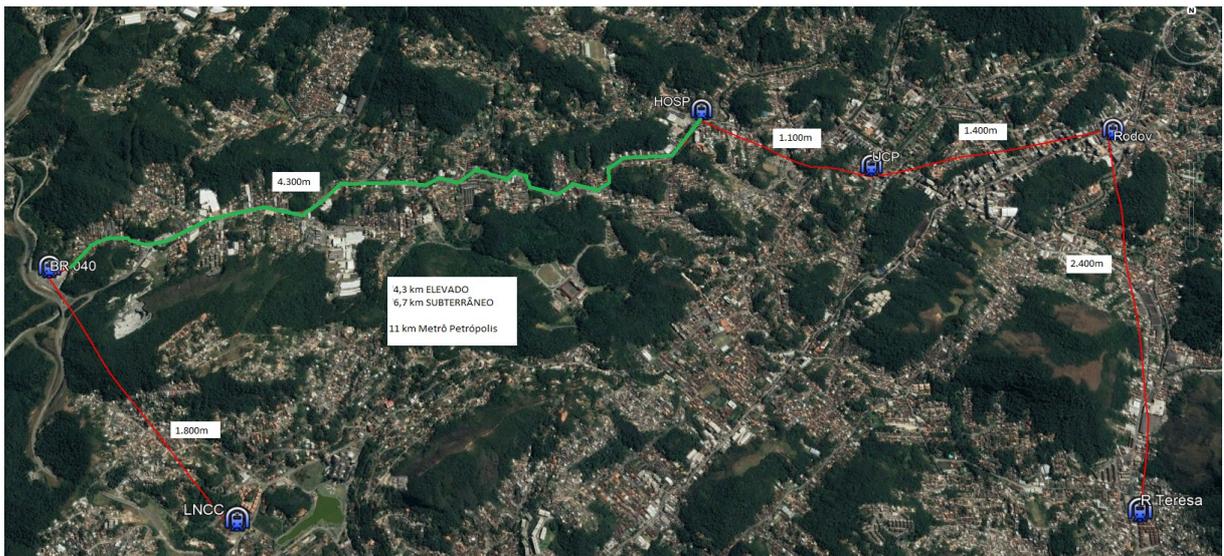
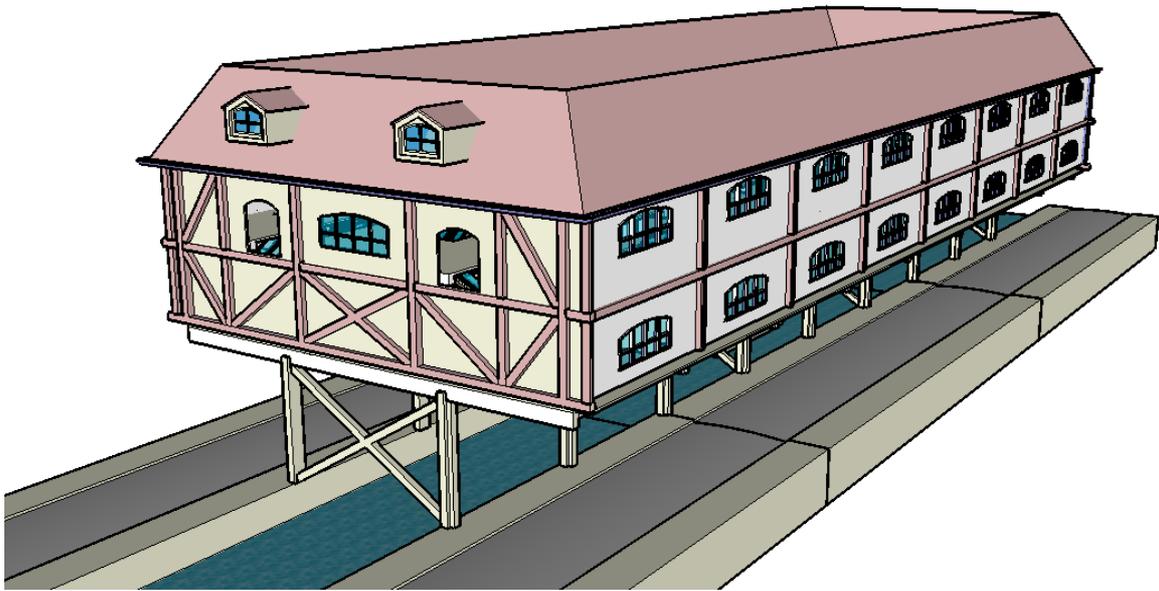


Fig. 13 - Semi arco de 11 km (4,3 km em elevado e 6,7 km subterrâneo)

Fig. 14 - Estação em elevado em estilo enxaimel de Petrópolis



Como seria esperado, os indicadores econômicos são inferiores às outras duas cidades:

8,97% a.a. de Taxa Interna de Retorno, com a mesma taxa de atratividade de 4,3% a.a. O investimento total é de R\$ 1,3 bilhão, que resulta no maior custo unitário: R\$ 121 milhões/km, 70% acima do custo quilométrico de Juiz de Fora.

O estado do Rio de Janeiro tem 10 cidades com população acima de 300 mil habitantes (Rio de Janeiro, São Gonçalo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Niterói, São João de Meriti, Belford Roxo, Campos dos Goytacazes, Volta Redonda/Barra Mansa e Petrópolis). Devido à menor participação nos royalties devido à exploração petrolífera do Pré-Sal (atualmente 50% da produção nacional) e uma administração pública crítica, o estado não tem capacidade para investimento, sendo a única possibilidade de implantar transporte público de qualidade em suas médias e grandes cidades através de investimento privado em parceria com o poder público (PPP) e sob gestão municipal.

Petrópolis é a última cidade da lista e, bem-sucedido na cidade serrana, o Maglev Metropolitano será um sucesso em qualquer outra.

3.4 - PROJETO-PILOTO CONSOLIDADO DAS TRÊS CIDADES

Com a finalidade de auferir ganhos de escala, consolidou-se as três cidades em um único projeto, resultando em uma Taxa Interna de Retorno elevada de 9,6% a.a., desconsiderando os investimentos a serem realizados na aquisição de ônibus elétricos, por se tratar de uma proposta a ser amadurecida junto aos empresários do transporte rodoviário concedido.

O montante dos investimentos R\$ 4,6 bilhões representa 6,4% do Fundo Brasil-China de US\$ 20 bilhões para investimento em Infraestrutura, disponível no Ministério do Planejamento a espera de projetos, com grande possibilidade de ser aprovado. Na balança comercial entre os dois países no ano de 2017, o Brasil exportou US\$ 50,2 bilhões e importou US\$ 27,9, conseguindo um superavit de US\$ 22,3 bilhões. Na balança comercial com os EUA, segundo maior parceiro brasileiro, o superavit (26,9 - 24,8) foi de apenas US\$ 2,1 bilhões, 10% do superavit com a China, um claro indicador de que o Brasil precisa equilibrar a balança comercial com seu principal parceiro.

Fig. 15 - Dados do Maglev Metropolitano das três cidades do projeto piloto

RESUMO TRÊS CIDADES				
ESPECIFICAÇÃO	Petrópolis	J. Fora	Londrina	Três Cidades
Km via em ELEVADO	4,30	13,50	19,80	37,60
Km via SUBTERRÂNEA	6,70	0,00	8,50	15,20
Estações ELEVADO	3,00	9,00	12,00	24,00
Estações SUBTERRÂNEA	6,00	0,00	5,00	11,00
CCO	1,00	1,00	1,00	3,00
CCO (m2)	36.000,00	19.200,00	27.600,00	82.800,00
Custo via ELEVADO (R\$ milhões)	97,08	301,28	447,01	845,37
Custo via SUBTERRÂNEA	314,77	0,00	399,33	714,10
Custo Estação-Shopping ELEVADA	34,83	130,60	174,14	339,57
Custo Estação-Shopping SUTERRANEA	130,60	0,00	72,56	203,16
Custo CCO	87,07	46,44	66,75	200,26
Sub total ENGENHARIA (R\$ milhões)	664,35	478,32	1.159,80	2.302,46
Outros Custos	664,35	478,32	1.159,80	2.302,46
Custo TOTAL	1.328,69	956,64	2.319,59	4.604,93
Taxa Interna Retorno (%aa)	8,97%	10,91%	9,33%	9,55%
R\$/km (R\$ milhões)	120,79	70,86	81,96	87,21
Aço estrutural (t)	32.401,10	53.865,00	91.881,10	178.147,20
Escadas rolantes	120,00	144,00	252,00	516,00

A Guerra Comercial travada pelos EUA com seus principais parceiros promete favorecer o Brasil no comércio com China ainda mais em 2018, principalmente no agronegócio. Como é a maior produtora de aço (50% da produção mundial) na análise de viabilidade projetou-se edificações e vias elevadas em estrutura metálica. Atualmente, no Brasil, o aço estrutural nacional, posto na obra, foi orçado em R\$ 16,00/kg. O aço de igual qualidade chinês chegaria nas mesmas condições em R\$ 6,00/kg. Como se prevê 178 mil toneladas, a economia seria de R\$ 1,78 bilhão, ou seja, 39% do valor total do projeto nas três cidades. Como os EUA estão impondo sobretaxa sobre o aço chinês, o momento é extremamente favorável para importar estrutura metálica pronta da China.

Atualmente três países detêm a tecnologia de levitação eletromagnética em escala comercial: China, Coreia do Sul e Japão. No Brasil a tecnologia de levitação supercondutora encontra-se ainda em fase de teste na Universidade Federal do Rio de Janeiro (URFJ). Os editais de PPP a serem publicados pelas três cidades no próximo ano não podem ser

direcionadas a determinada tecnologia, facilitando a concorrência do sistema tradicional roda-trilho e evidenciando qual tem mais futuro. Ganhará quem oferecer o menor preço, além do financiamento para os empresários privados que construirão e irão operar durante determinado período (40 anos, renováveis por igual prazo), findo o qual todo o sistema será transferido para o município.

4 - CONCLUSÕES

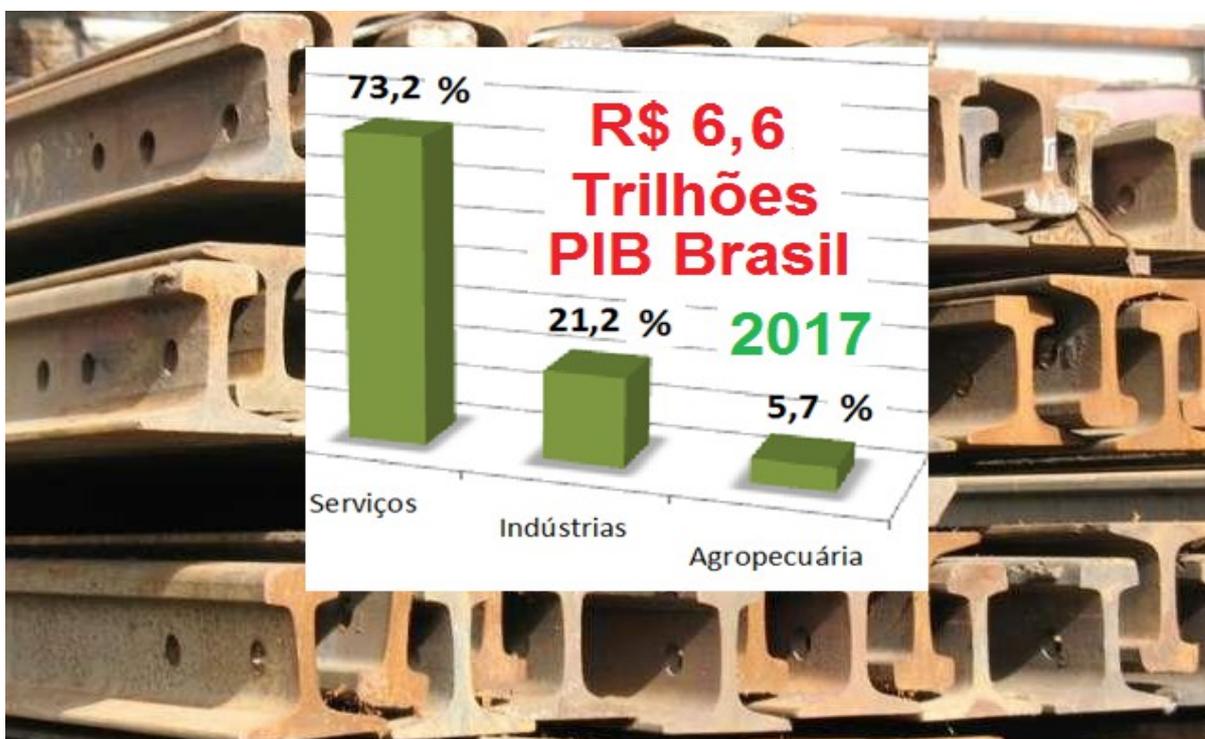


Fig. 16 - Formação do Produto Interno Bruto brasileiro em 2017

Na esteira dos países mais desenvolvidos do mundo, no Brasil as atividades de prestação de serviço ocupam a liderança na formação do PIB nacional. Portanto, para conseguir uma alta taxa de crescimento econômico, indispensável para recuperar os empregos e reduzir o peso da dívida pública em relação ao PIB, é muito mais fácil crescer as atividades de serviços. Por exemplo: para equiparar o crescimento de 10% em Serviços seria necessário crescer 128% o Agronegócio, setor que tem puxado a economia nos últimos anos.

Como 86,5% da população brasileira é urbana, segundo metodologia do IBGE aceita mundialmente, será nas cidades onde a recuperação econômica se fará necessária para reduzir a atual taxa de desemprego. Para produzir e consumir atividades de Serviço é fundamental a variável tempo; a única em toda a natureza que é igual para todas as pessoas em todas as camadas sociais (24 horas/dia).



Fig. 17 - Congestionamento em cidades médias (Londrina, Petrópolis e Juiz de Fora)

A mobilidade urbana é o principal ladrão de tempo das pessoas, principalmente das que necessitam usar o transporte público. A velocidade média é cada vez menor e, diante da falta de recursos para os investimentos tradicionais, a tendência é piorar, estimulando o transporte individual e não apenas nas grandes cidades. Nas três cidades analisadas, a taxa

de motorização (habitantes/veículos) apresentava em 2017 as seguintes taxas: 1,4 em Londrina, 1,8 em Petrópolis e 2,2 em Juiz de Fora.

A frota de veículos no Brasil cresce mais do que a população. Se nada for feito a situação será cada vez pior. BRT's, a solução rápida e barata, não atinge a velocidade média necessária; ciclovias roubam espaço para o tráfego; motos resolvem o problema, mas não para todas as faixas etárias e têm um alto custo social, sendo responsáveis por 75% das mortes no trânsito. A única solução para aumentar a velocidade e melhorar a qualidade da mobilidade é a via segregada em elevado ou subterrânea. Com mais tempo disponível as atividades de Serviço poderão ser incrementadas.

A tecnologia de levitação magnética para baixa velocidade é uma novidade. Há mais de dez anos a UFRJ tenta vender, sem sucesso, suas vantagens, no que se refere ao baixo nível de investimento necessário para implantação e operação. Diante da carência de recursos públicos e de crédito nos bancos de fomento para investimento a situação se complica. Por outro lado, o grande saldo da balança comercial entre o Brasil e a China, sinaliza que muito pode ser feito a curto prazo, desde que sejam vencidas as resistências culturais e os interesses empresariais localizados.

Londrina, Juiz de Fora e Petrópolis — três exemplos de cidades médias da região Sul e Sudeste, com alta taxa de motorização podem se tornar um indicador para novos tempos.

Existe tecnologia e existe recurso só falta agir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAGLEV METROPOLITANO, Eduardo David, ISBN 9781976094392,

<https://www.amazon.com/Maglev-Metropolitano-Portuguese-Eduardo-David/dp/1976094399>

ANTP, 2015 – Associação Nacional de Transportes Públicos, Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2013, 96pp.

IEMA, 2016 – Instituto de Energia e Meio Ambiente: “Estudo sobre Faixas Exclusivas São Paulo/SP”, Maio 2017, 62pp.

IPEA, 2011 – SIPS (Sistema de Indicadores de Percepção Social), “Mobilidade Urbana”, janeiro 2011, 21pp.

IPEA, 2012 – Comunicados do IPEA: “Indicadores de Mobilidade Urbana da PNDAD 2012”, 24/10/2013, 17pp.