

Transporte sobre trilhos no Brasil: uma perspectiva do material rodante

Luiz Felipe Hupsel Vaz; Bernardo Hauch Ribeiro de Castro; Daniel Chiari Barros; Carlos Henrique Reis Malburg; Filipe de Oliveira Souza; Allan Amaral Paes de Mesentier

Transporte sobre trilhos no Brasil: uma perspectiva do material rodante

Luiz Felipe Hupsel Vaz
Bernardo Hauch Ribeiro de Castro
Daniel Chiari Barros
Carlos Henrique Reis Malburg
Filipe de Oliveira Souza
Allan Amaral Paes de Mesentier*

Resumo

O presente artigo busca traçar um panorama da indústria de material rodante, tendo em vista a perspectiva de aumento do investimento em novas ferrovias para carga e para transporte urbano sobre trilhos no Brasil. Para tal, são apresentados os principais tipos de transporte sobre trilhos, explorando suas particularidades, aplicações e identificando os maiores produtores globais. Apesar de ainda pouco relevantes em termos mundiais, o Brasil possui plantas de algumas das principais empresas do mundo, além de produtores nacionais. Contudo, até o momento, a produção local tem sido altamente volátil e marcada por grande incerteza. Discutem-se, portanto, as implicações dos novos investimentos para estabilização e crescimento do mercado brasileiro, propondo algumas medidas para um planejamento de longo prazo.

* Respectivamente, engenheiro, gerente e economista do Departamento das Indústrias Metal-Mecânica e de Mobilidade da Área Industrial do BNDES; e gerente, arquiteto e economista do Departamento de Mobilidade e Desenvolvimento Urbano da Área de Infraestrutura Social do BNDES. Os autores agradecem os comentários de Antonio Marcos Ambrozio e Haroldo Fialho Prates, além do auxílio de Marcos Fernandes Machado e de Suzana Gonzaga da Veiga, isentando-os da responsabilidade por erros remanescentes.

Introdução

O Brasil é um país de dimensões continentais, exportador de *commodities* e com grandes centros urbanos densamente povoados. O transporte sobre trilhos para aplicação tanto em cargas como em passageiros tem maior potencial quando utilizado justamente nessas condições. Ao longo de sua história, porém, o meio ferroviário nunca figurou como centro das políticas de transporte. Assim, o transporte rodoviário ocupou gradativamente essa ausência, tornando-se o meio mais utilizado no país.

Há ampla literatura discutindo escolha de modos de transporte. Diferentes autores abordam os benefícios e limitações de cada opção, seja o modo ferroviário, rodoviário, aéreo, aquaviário ou dutoviário [Lacerda (2002); Marchetti e Ferreira (2012); Herdy, Malburg, e Santos (2012)]. Contudo, pouco se discute um aspecto essencial uma vez definido o modo de transporte: o material rodante. Material rodante ferroviário é composto de material de tração, como locomotivas, além de trens, metrô, carros de passageiros e vagões para carga [ANTF (2014a)].

Como há investimentos previstos de mais de R\$ 100 bilhões em transporte sobre trilhos até 2017, a tendência natural é alavancar a demanda por material rodante novo. Esse montante se divide em R\$ 46 bilhões para transporte urbano sobre trilhos e mais R\$ 57 bilhões do Plano de Investimentos em Logística (PIL) do governo federal, anunciado em agosto de 2012. O plano consiste na construção de novas ferrovias e recuperação de trechos degradados. Há também, em um horizonte ainda indefinido, mais R\$ 35,6 bilhões para a construção do trem de alta velocidade (TAV) ligando o Rio de Janeiro a São Paulo [Logística Brasil (2014)].

Para grandes distâncias (em geral acima de 1.500 km) e cargas de alta tonelage, o transporte ferroviário tende a ser mais competitivo quando comparado ao rodoviário. Um vagão graneleiro, por exemplo, com capacidade de carga de cem toneladas, é capaz de substituir 3,57 caminhões. Um trem com cem vagões, por conseguinte, substitui 357 caminhões [ANTF (2014b); CNT (2013)].

A matriz de carga brasileira, porém, é fortemente baseada no meio rodoviário. Segundo o Instituto Ilos, 67% de toda a carga no país é transportada por esse meio, contra 18% pelo ferroviário, mesmo este último sendo consideravelmente mais competitivo (Tabela 1). Como comparativo, nos Estados Unidos da América (EUA), o meio mais utilizado para cargas é jus-

tamente o ferroviário, com 37% do total, seguido pelo rodoviário com 31%, dutoviário com 21%, aquaviário com 10% e aéreo com 0,3% [Ilos (2014)].

Tabela 1 | Transporte de cargas: participação e custos operacionais em 2012 (Brasil e EUA)

Meio	Brasil		EUA	
	TKU (%)	US\$/mil TKU	TKU (%)	US\$/mil TKU
Rodoviário	67	133	31	310
Ferrovário	18	22	37	29
Aquaviário	11	30	10	10
Dutoviário	3	25	21	9
Aéreo	0,04	1.060	0,3	1.107

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Ilos (2014).
TKU: toneladas transportadas por quilômetro útil.

O cenário é semelhante no transporte de passageiros. Não há, no país, um sistema nacional de transporte entre cidades, tradicional ou de alta velocidade, limitando as opções ao transporte aéreo e ao rodoviário, ou a aplicações restritas ao transporte entre grandes cidades e suas respectivas regiões metropolitanas. A Coreia do Sul, por exemplo, país com área 85 vezes menor que a do Brasil, possui 412 km de linhas de alta velocidade em operação e mais 562 km em construção, visando aos Jogos Olímpicos de Inverno de 2018 em PyeongChang. A Turquia iniciou sua malha de alta velocidade em 2003 e já conta com 888 km, com destaque para a linha que conecta Ankara a Istambul, maiores cidades do país. A China iniciou sua malha ferroviária de alta velocidade em 2007 e, no fim de 2012, já contava com a maior rede do mundo, totalizando mais de 10.000 km de vias.

A China também lidera os números globais no transporte urbano de passageiros sobre trilhos. Xangai e Pequim possuem as duas maiores malhas de metrô do mundo, tendo a primeira mais de 500 km de rede e 337 estações, apesar da relativa recente inauguração, em 1995 (Tabela 2). Entre os sistemas brasileiros, o maior é o de São Paulo, com 75,2 km e 68 estações, sendo o 41º maior do mundo. A região metropolitana de São Paulo tem população próxima à da Cidade do México, que possui a malha mais extensa da América Latina, com 180 km, transportando mais de 4 milhões de pessoas por dia.

Tabela 2 | Maiores sistemas de metrô do mundo por tamanho da rede

	Região metropolitana	Milhões de habitantes	País	Abertura	Rede (km)	Estações	Passageiros por dia
1	Xangai	23,7	China	1995	533	337	6.240.000
2	Pequim	21,2	China	1969	442	262	6.740.000
3	Londres	13,6	Inglaterra	1863	402	270	3.210.000
4	Nova York	19,8	EUA	1904	368	468	4.530.000
5	Seoul	25,7	Coreia do Sul	1974	326,5	302	6.900.000
6	Moscou	17	Rússia	1935	325,5	194	6.550.000
7	Tóquio	36,9	Japão	1927	304,5	290	8.500.000
8	Madrid	6,4	Espanha	1919	286,3	282	1.470.000
9	Guangzhou	16,8	China	1999	256,2	166	5.000.000
10	Paris	12,2	França	1900	219,9	383	4.180.000
11	Délhi	21,8	Índia	2002	198,3	149	1.660.000
12	Cidade do México	20,1	México	1969	180	195	4.410.000
13	Shenzhen	11,9	China	2004	178,4	131	362.000
14	Hong Kong	7,1	Hong Kong	1979	175	95	3.960.000
15	Washington	5,9	EUA	1976	171,2	90	597.000
16	Mumbai	20,8	Índia	2014	171	73	1.500.000
17	Chongqing	6,3	China	2005	168	100	1.100.000
18	São Francisco	5,9	EUA	1972	166,9	44	304.000
19	Chicago	9,5	EUA	1892	166	152	608.000
20	Cingapura	5,2	Cingapura	1987	150,8	106	2.180.000
41	São Paulo	20,8	Brasil	1974	75,2	68	2.400.000
78	Brasília	2,6	Brasil	2001	42	24	151.000
79	Rio de Janeiro	11,9	Brasil	1979	42	36	581.000
82	Recife	3,8	Brasil	1985	39,5	28	225.000

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Metrobits.org (2014) e consulta a órgãos locais.

O cenário apresentado aponta a grande lacuna existente entre o Brasil e os demais países em relação ao transporte sobre trilhos. Fica clara a necessidade de investimentos no setor para aumentar a competitividade do país em cargas e facilitar a vida dos cidadãos no transporte de passageiros.

Estimativas indicam que as populações das maiores regiões metropolitanas brasileiras estão entre as que mais demoram no deslocamento casa-trabalho em todo o mundo [Pereira e Schwanen (2013)].

Os investimentos em infraestrutura e transporte sobre trilhos têm o objetivo justamente de reverter esse quadro. Com o conseqüente aumento da demanda por material rodante, o objetivo do presente artigo é traçar um panorama global dessa indústria e discutir seu atual estágio no Brasil, possibilitando um maior conhecimento do segmento e subsidiando futuras ações do BNDES.

Breve histórico das ferrovias no Brasil

O surgimento das primeiras ferrovias no país remonta ao Brasil Império. Em 1852, o Império instituiu a Lei de Garantia de Juros, por meio do Decreto 641, que estabeleceu um dos primeiros sistemas de concessões da história do país. O decreto autorizava a construção e a exploração das ferrovias por um prazo de até noventa anos [CNT (2013); Ipea (2010); DNIT (2014)].

Entre os diversos incentivos do decreto, três merecem destaque. Primeiramente, havia garantia de retorno de até 5% sobre o capital investido na construção da ferrovia: o governo pagaria ao investidor privado, com recursos públicos, o montante necessário para garantir a viabilidade econômica do projeto. Em segundo lugar, o decreto isentava do imposto de importação trilhos e equipamentos ferroviários em geral. Por fim, a lei proibia a construção de outra ferrovia em um raio de cinco léguas (aproximadamente 33 km), garantindo monopólio do transporte para o investidor na região e melhorando o retorno sobre o investimento [CNT (2013)].

Apesar de as medidas terem incentivado o investimento privado, houve uma série de problemas. Como não foi criado um órgão regulador, o crescimento da malha foi desordenado e sem planejamento. Um exemplo é o uso de diferentes tipos de bitola, o que inviabiliza a integração entre as vias. Em paralelo, os desembolsos governamentais para garantir a taxa de retorno aos investidores se tornaram insustentáveis para o Tesouro Nacional, bem como a isenção fiscal gerou grandes déficits às contas nacionais. Como única saída, o Império diminuiu os incentivos da lei, o que resultou no menor interesse de investidores privados. O próprio governo passou, então, a rea-

lizar os investimentos em novos trechos e a participar como acionista em ferrovias privadas. Em 1889, fim do Império, a malha nacional era de 9,5 mil km, sendo o governo dono de um terço desse montante [CNT (2013)].

Com a Proclamação da República, houve novo ímpeto para a construção de novas ferrovias. À época, a economia era fundamentalmente agrícola e agroexportadora, daí a necessidade de se transportar *commodities* do interior para portos exportadores. A ferrovia Madeira-Mamoré, em Rondônia, por exemplo, foi inaugurada em 1912 com o objetivo de transportar borracha da Amazônia aos rios para exportação. A mesma lógica balizou os investimentos no Centro-Sul, especialmente durante o ciclo do café [Ipea (2010)].

Contudo, mais uma vez, não houve um planejamento para articular o território nacional e integrar a rede. Pequenas ferrovias dispersas e isoladas foram construídas, mas logo perderam sua viabilidade financeira com o fim dos ciclos econômicos. Em 1922, o país contava com 29.000 km de ferrovias, 2 mil locomotivas a vapor e 30 mil vagões [DNIT (2014)].

A partir da década de 1920, houve um aumento do investimento em rodovias, que passaram a competir com as ferrovias pelos recursos públicos. Com a escassez de verbas e a fragmentação da malha, aumentavam as dificuldades de gestão das ferrovias nacionais. Mesmo assim, as ferrovias ganharam sobrevida no país, principalmente em virtude do advento da tração elétrica, em 1930, em substituição aos trens movidos a vapor, e posteriormente, em 1939, pela tração diesel-elétrica, que gerou considerável ganho de eficiência [CNT (2013)].

A inflexão ocorre de fato na década de 1950. Com o processo de industrialização e urbanização do Brasil, houve grande demanda pelo tráfego de cargas, que foi atendida pelos crescentes investimentos em rodovias. As ferrovias ficaram em segundo plano, o que deflagrou diversas falências. O governo, então, em 1957, decide estatizar diversas companhias ferroviárias e centralizar o comando em duas empresas: a Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), que uniu 42 ferrovias; e a Ferrovia Paulista S.A. (Fepasa), que englobava as ferrovias do estado de São Paulo. O objetivo central era eliminar trechos deficitários e focar em transporte de cargas, em detrimento ao de passageiros [DNIT (2014); Ipea (2010)].

As décadas seguintes foram de grandes dificuldades para as ferrovias. Com a crise do petróleo nos anos 1970 e as sucessivas crises vividas pelo Brasil nos anos 1980, o investimento caiu e houve sucateamento da infraes-

trutura e do material rodante. A opção do governo, dessa vez, foi pela privatização das ferrovias sob controle estatal. A RFFSA foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (PND), entrou em liquidação em 1992 e seus ativos foram leiloados em 1996. A malha da Fepasa foi incorporada à RFFSA e concedida a investidores privados. A RFFSA foi totalmente extinta em 2007 e, atualmente, as principais ferrovias nacionais encontram-se sob gestão de grandes grupos privados [CNT (2013); Ipea (2010)].

Principais tipos de material rodante

A primeira etapa para melhor compreensão do material rodante é entender os dois principais tipos de tração, que podem ser usados no transporte tanto de passageiros como de cargas. Fundamentalmente, a diferença consiste em onde está localizada a unidade de força. A primeira e mais antiga forma é com o uso de locomotivas, nas quais toda a força de tração está localizada em um único elemento. A locomotiva concentra toda a tração, sendo capaz de puxar (ou empurrar) vagões de carga ou passageiros ao longo da via [Delcan Arup (2010)].

Com o passar do tempo e a necessidade de manobras rápidas, em especial em ambiente urbano, a tração precisava ser descentralizada. Ao realizar tal alteração, não haveria mais a necessidade de acoplar uma nova locomotiva no fim de um trem para realizar a viagem de volta. Bastaria que os comandos do trem fossem disponibilizados nas duas pontas e o operador mudaria de lado nas estações finais. A técnica utilizada consistiu no emprego de pequenos motores ao longo do trem, em vez de um grande motor centralizado na locomotiva. Dessa forma, alguns carros teriam tração e outros não, sendo carregados pelos motorizados [Railway Technical Web Pages (2014a)]. Essa configuração é conhecida como litorina ou “trem unidade” (ou ainda, em inglês, *multiple unit* – MU). Segundo a Associação Nacional dos Transportes Ferroviários (ANTF), “Trem Unidade é o conjunto de dois ou mais carros de passageiros, tendo pelo menos um carro motor ligado a carro(s) reboque(s), formando uma unidade distinta” [ANTF (2014a, p. 59)].

A utilização de trem unidade para o transporte urbano também é favorecida por outros motivos, além da mais fácil e ágil manobra. A configuração de tração descentralizada permite uma aceleração mais rápida, o que beneficia sua utilização em sistemas que requerem paradas constantes, como metrô. A descentralização também permite que o trem continue viagem

caso haja falha em algum motor. A configuração centralizada só permitiria continuar caso houvesse mais de uma locomotiva, o que nem sempre é viável. Por fim, há uma distribuição melhor do peso, o que admite a operação em trilhos dimensionados para tensões menores e gera menor desgaste do material [UIC (2003)].

Os trens unidade podem ser elétricos ou a diesel. Os elétricos são denominados trem unidade elétrica (TUE), ou *electric multiple unit* (EMU), e são alimentados via catenária (com corrente alternada) ou terceiro trilho (com corrente contínua).¹ Já os movidos a diesel são chamados trem unidade diesel (TUD), ou *diesel multiple unit* (DMU), e são independentes de alimentação externa, já que possuem toda a motorização e todo o tanque de combustível embarcados. Em compensação, há maior ruído e vibração nos trens [Delcan Arup (2010)].

Já para o transporte de cargas, a opção mais usual é a tração por locomotivas. Isso ocorre em virtude da maior flexibilidade proporcionada. Desde que a carga seja mantida dentro da capacidade da locomotiva, qualquer quantidade de vagões pode ser acoplada. Como cada vagão é projetado para uma aplicação distinta (conforme será abordado na subseção “Vagões”), a adoção de uma tração descentralizada resultaria na incorporação de tração em um número grande de diferentes tipos de vagões. Isso poderia resultar em um maior custo do material rodante e menor flexibilidade. Com a utilização de locomotivas, podem-se acoplar diversos vagões, de inúmeras aplicações, às locomotivas, de acordo com a demanda [Railway Technical Web Pages (2014a); Delcan Arup (2010)].

Carga

Locomotivas

As primeiras locomotivas comerciais datam do início do século XIX. Eram equipamentos movidos a vapor, gerado pela queima de madeira ou carvão. Todo o combustível para queima e a água para resfriamento das caldeiras eram transportados dentro da locomotiva. Esse padrão se manteve

¹ Do ponto de vista de transmissão de energia, a corrente alternada (CA) pode ser transmitida a altas tensões via condutores de menor diâmetro, como as linhas da catenária. Já a corrente contínua (CC) necessita de um condutor maior, como um próprio trilho, daí a utilização do denominado terceiro trilho. Em geral, usa-se CA para longas distâncias e CC para curtas, como transporte urbano. Linhas CC, na maioria das vezes, vão até 3.000 V e linhas CA ficam entre 15.000 V e 50.000 V [Railway Technical Web Pages (2014b)].

predominante até a Segunda Guerra Mundial, mesmo com o surgimento das locomotivas elétricas, já no fim do século XIX.

A tração elétrica possui a vantagem de ser muito mais eficiente energeticamente. Nela, a locomotiva capta energia via pantógrafo de linhas eletrificadas ao longo da via, chamada catenária. Contudo, em virtude de elevados custos fixos de manutenção da infraestrutura e obsolescência dos equipamentos, a tração simplesmente elétrica em locomotivas foi sendo substituída por um modelo híbrido.

Apesar de também datarem do fim do século XIX, os motores de combustão interna a gasolina e a diesel não foram muito aceitos em locomotivas. Os principais motivos eram o tamanho e o peso extremos, além da dificuldade em transmitir torque às rodas. A solução foi a adoção de um modelo híbrido: um motor a diesel aciona um gerador que produz energia elétrica para movimentar motores de tração. Nascia, assim, locomotiva diesel-elétrica, o formato mais adotado no mundo até hoje. Por fim, há também a locomotiva diesel-hidráulica. Nessa configuração, a força é transmitida às rodas por um conversor de torque, que é acionado pelo motor a diesel e movimentado o fluido que gera movimento.

Vagões

O segundo elemento do material rodante de cargas é o vagão. Há diversos tipos, para as mais variadas aplicações e tipos de produto transportado. A norma brasileira de classificação de vagões NBR11691 organiza essa gama em alguns principais tipos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 | Tipos de vagões e suas aplicações segundo a NBR11691

Tipo de vagão	Aplicação	Classificação
Fechado	Granéis sólidos, ensacados, caixarias, cargas unitizadas e produtos em geral que não podem ser expostos ao tempo	F
Gôndola	Granéis sólidos e produtos diversos que podem ser expostos ao tempo, como minério de ferro	G
<i>Hopper</i>	Fechados para granéis corrosivos e granéis sólidos que não podem ser expostos ao tempo e abertos para os granéis que podem ser expostos ao tempo, como grãos e farelo de soja, milho e calcário agrícola	H
Isotérmico	Produtos congelados em geral	I

(*Continua*)

(Continuação)

Tipo de vagão	Aplicação	Classificação
Plataforma	Contêineres, produtos siderúrgicos, grandes volumes, madeira, peças de grandes dimensões	P
Tanque	Cimento a granel, derivados de petróleo claros e líquidos não corrosivos em geral	T
Especial	Produtos com características de transporte particulares, tais como lingotes, placas de aço, sucata, escória e produtos siderúrgicos de alta temperatura	S

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014c).

O tipo do vagão é o primeiro passo para sua classificação. Segundo a norma NBR11691, cada vagão em circulação no Brasil obedece a um critério de classificação de acordo com seu tipo, subtipo, peso bruto máximo (também denominado “manga de eixo”) e proprietário. O Apêndice traz o procedimento completo de categorização.

Passageiros

Existem diversas opções de transporte de passageiros sobre trilhos. Os tipos e as aplicações se estendem desde pequenos trens movimentando pessoas dentro de um complexo, como um aeroporto, até composições de alta velocidade conectando diferentes cidades. Entre esses diferentes propósitos, é possível dividir o transporte de passageiros em urbano e regional.

Transporte urbano

O transporte urbano pode, por seu turno, ser subdividido em diferentes tipos, de acordo com a área de abrangência e capacidade de carga.

Para pequenas áreas de abrangência e baixa capacidade, como um parque temático ou um aeroporto, o material rodante é comumente chamado de *people mover* (Quadro 2A). Segundo a Associação Americana de Transporte Público (APTA), um *people mover* é composto por um ou mais carros, trafega em vias eletrificadas e opera de forma automatizada, sem operadores a bordo. Pode operar tanto em intervalos regulares, ou sob demanda específica de passageiros [APTA (2014)].

Apesar de também operarem tradicionalmente em regiões menores, como parques temáticos, os sistemas de monotrilho não são necessariamente *people movers*. O que os distingue dos demais tipos de material rodante é sua concepção. Fundamentalmente, um monotrilho é um sistema consti-

tuído por um único trilho (ao contrário dos sistemas tradicionais de trilhos paralelos), em que o trem é necessariamente maior que a via (Quadro 2B). As vias, por sua vez, são sempre eletrificadas e segregadas, sendo a maioria elevadas, mas podem ser também subterrâneas ou ao nível da rua [The Monorail Society (2014); APTA (2014)].

O monotrilho vem ganhando aplicações de maior porte recentemente. Algumas cidades usam esse sistema para transporte dentro dos centros urbanos (como Seattle, nos EUA) e outras como opção de transporte de massa, como é o caso da cidade chinesa de Chongqing, que possui a maior linha de monotrilho do mundo, com 72 km de vias. No Brasil, foram anunciados investimentos em linhas de monotrilho em São Paulo (linhas 15 – Prata e 17 – Ouro) e no Rio de Janeiro (Linha 3), em ambos como transporte de massa, não restritas ao centro.

No passado, eram os bondes que dominavam os centros urbanos (Quadro 2C). Eles serviram em diversas regiões metropolitanas como o principal meio de transporte de passageiros. Contudo, à medida que as cidades cresceram, os bondes ficaram restritos a um papel coadjuvante ou apenas turístico, já que sua baixa capacidade de transporte e velocidade reduzida inviabilizavam uma expansão para os subúrbios [Cervero (1998)].

Com avanços tecnológicos recentes, os bondes ganharam uma versão mais moderna: o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), ou Light Rail Transit (LRT) (Quadro 2D). Os VLTs podem circular tanto em faixas compartilhadas com o restante do tráfego (o que diminui o custo de implantação), como em linhas totalmente segregadas, e possuem maior capacidade de carga que os bondes. Esse sistema pode receber, ainda, controle automatizado pleno, eliminando a necessidade de operadores. Esse sistema possibilita maior aproveitamento do carro, já que não há necessidade de cabine dedicada à condução, aumentando a capacidade de carga útil. Esses sistemas são chamados de Advanced Light Rail Transit (ALRT) [APTA (2014); Cervero (1998)].

Já os sistemas denominados *heavy rail*,² como o metrô, transitam em faixas exclusivas, totalmente segregadas, em geral subterrâneas, a velocidades superiores e com ainda maior capacidade de carga (Quadro 2E). A

² As denominações em inglês são importantes para o entendimento da capacidade de carga. *Light* e *heavy* denotam justamente a capacidade de carga do sistema; *light* se refere a uma capacidade de carga mais “leve” (isto é, menor) e *heavy* a uma capacidade mais “pesada” (ou seja, maior).

tração é elétrica e se utiliza de TUEs. No centro da cidade, as estações são subterrâneas e pouco espaçadas. À medida que se afastam do centro, as estações ficam mais distantes entre si e o trajeto pode ser realizado pela superfície, em elevado. Uma vez que a implantação demanda obras pesadas de engenharia, como escavações, além de custos como desapropriações e um material rodante mais caro, os sistemas de *heavy rail* só se justificam em áreas densamente povoadas [Cervero (1998)].

Quadro 2 | Tipos de transporte local e urbano de passageiros sobre trilhos

(A) <i>People mover</i>	(B) Monotrilho – <i>monorail</i>
	
(C) Bondes	(D) VLT – <i>light rail</i>
	
(E) Metrô – <i>heavy rail</i>	(F) Trens de subúrbio
	

Fotos: Wikimedia Commons.

Para maiores distâncias, em especial para conectar municípios vizinhos ao centro, são usados os trens de subúrbio (Quadro 2F). Esses trens podem ser elétricos (usando TUEs) ou puxados por locomotivas diesel-elétricas, têm estações bem espaçadas e trafegam em velocidades maiores, em linhas

totalmente segregadas. Os trens de subúrbio não circulam pelo centro. Em vez disso, eles param em uma estação principal adjacente ao centro. A partir daí, os passageiros utilizam outros meios, como VLT, metrô ou ônibus, até o destino final. Um exemplo dessa aplicação são os trens de subúrbio do Rio de Janeiro. Tais trens conectam municípios vizinhos, como Duque de Caxias e Magé, até a estação Central do Brasil, nas imediações do Centro do Rio de Janeiro. De lá, os passageiros têm a opção de trafegar pelo Centro por outros meios, como metrô e ônibus.

A Tabela 3 busca comparar os principais sistemas urbanos sobre trilhos com uma opção rodoviária: o Bus Rapid Transit (BRT). Fundamentalmente, os custos de implementação são menores do que as opções sobre trilhos, já que utiliza a própria via. Dependendo do projeto, a via pode requerer reforço, uma vez que suportará cargas maiores oriundas dos ônibus, ou até mesmo eletrificação, caso seja utilizado ônibus elétrico (trólebus). Já a velocidade média, como o VLT, depende da segregação da via. Se a via for integrada ao tráfego, fazendo com o que o transporte pare em sinais de trânsito, a velocidade será naturalmente menor. Se a via for segregada, a velocidade de ambas as opções aumentará.

Tabela 3 | Comparação entre tipos de transporte urbano

	Bus Rapid Transit (BRT)	<i>Monorail</i>	<i>Light rail (VLT)</i>	<i>Heavy rail (metrô)</i>	Trens de subúrbio
Uso	Urbano	Local e urbano	Urbano	Urbano	Ligação entre municípios vizinhos
Vias	Mistas	Inteiramente segregadas	Mistas	Inteiramente segregadas	Inteiramente segregadas
Tração	Diesel, elétrico (trólebus), híbrido	Elétrica	Elétrica ou diesel	Elétrica	Elétrica nos vagões ou locomotiva
Velocidade média (km/h)	20-30	30-35 (80 máx.)	20-35 (80 máx.)	30-40 (80 máx.)	40-60 (120 máx.)
Espaço entre as estações	0,3 km-1,0 km	0,5 km-1,5 km	0,3 km-1,0 km	0,7 km-1,5 km	1,0 km-5,0 km

(*Continua*)

(Continuação)

	Bus Rapid Transit (BRT)	<i>Monorail</i>	<i>Light rail (VLT)</i>	<i>Heavy rail (metrô)</i>	Trens de subúrbio
Passageiros por hora por direção (pphpd)	6.000-12.000	12.000-30.000	2.000-25.000	15.000-80.000	15.000-40.000
Custo do material rodante (US\$ milhões)	0,3-0,8	02-06	02-05	02-05	01-03
Custo de implementação (US\$ milhões/km)	0,5-15	40-100	13-40	45-350	05-25
Vida útil do material rodante (anos)	12	10 a 20	25 a 30	25 a 30	25 a 30

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Cervero (1998), IMRT (2013), TRB (2013) e Peña, Jiménez e Mateos (2013).

É importante ressaltar as considerações sobre a capacidade desses diferentes sistemas, medida em passageiros por hora por direção (pphpd). A amplitude e variedade de valores são bastante grandes, pois a capacidade depende de uma série de fatores particulares a cada projeto. Pode-se citar, por exemplo, o tamanho de cada trem, que depende fundamentalmente do tamanho da plataforma de embarque prevista no projeto. A quantidade de trens, o intervalo entre as composições e a automação plena do sistema também impactam diretamente nesse valor. Essa métrica determina, ainda, a capacidade máxima técnica do sistema, não necessariamente a real. Sistemas funcionando muito perto do limite técnico, caso apresentem problemas, irão gerar um acúmulo rápido de passageiros e impactos consideráveis na rede [Wright e Fjellstrom (2003)]. Portanto, a opção entre qual tipo de sistema adotar é técnica. Não há um melhor, simplesmente existem aplicações distintas, cada um com vantagens e limitações, como discutido em Cervero (1998) e Wright e Fjellstrom (2003). O gestor deve ter ciência desses fatores para tomar a decisão mais prudente.

Transporte regional

O transporte regional sobre trilhos é caracterizado pela velocidade do trem. Contudo, segundo a União Internacional de Ferrovias (UIC), não há uma definição universal e padronizada do que é alta velocidade. O conceito mais usado deriva da diretiva 96/48/EC do Conselho da União Europeia: para uma linha ser caracterizada como de alta velocidade, dois critérios devem ser compatíveis entre si. Primeiramente, a infraestrutura da linha deve ser construída ou adaptada especificamente para esse uso. Em segundo lugar, o material rodante deve atingir uma velocidade de, no mínimo, 250 km/h em linhas construídas especialmente para alta velocidade; ou um mínimo de 200 km/h em linhas preexistentes que foram adaptadas para alta velocidade [Conselho da União Europeia (1996); UIC (2014)].

Portanto, os trens que não alcançam tais critérios são chamados apenas de regionais (Quadro 3A). Já os que atendem à norma são denominados de alta velocidade (Quadro 3B).

Quadro 3 | Tipos de transporte de passageiros entre cidades sobre trilhos

(A) Trens regionais – <i>intercity trains</i>	(B) Trens de alta velocidade
	

Fotos: Wikimedia Commons.

O primeiro TAV entrou em funcionamento em 1º de outubro de 1964, no Japão. Desde então, esse sistema cresceu em todo o mundo e, no fim de 2012, mais de 2.770 trens desse tipo estavam em operação, com 21.472 km de vias em 15 países. A maior parte do material rodante está na Europa (1.670), seguida pela Ásia (1.087) e, por último, a América do Norte (20).

O material rodante de alta velocidade possui algumas características particulares. É sempre autopropelido, com composição fixa e bidirecional. Sua engenharia é voltada para uma aerodinâmica que ofereça menor resistência, a fim de atingir e sustentar as altas velocidades com máxima eficiência energética.

A velocidade máxima que o trem pode atingir depende de alguns aspectos do projeto. O raio das curvas ao longo da rota, por exemplo, é um limitador, pois pode causar grande desconforto aos passageiros. Em geral, o traçado é projetado o mais reto possível entre os destinos. Há trens equipados com sistemas pendulares capazes de inclinar até 8° em relação aos trilhos, possibilitando curvas em velocidades de até 250 km/h e que reduzem o desconforto na cabine.

O recorde de velocidade para um trem é de 574,8 km/h e foi atingido em 2007 pelo TGV V150, em uma linha entre as cidades de Estrasburgo e Paris. Contudo, velocidades acima de 500 km/h desgastam sobremaneira o material rodante e são atualmente inviáveis para uso regular. A alternativa para viagens a tais velocidades pode ser a levitação magnética (Maglev). Tal tecnologia consiste em usar atração e repulsão magnéticas para levantar o trem sobre os trilhos, sem utilização de rodas, eixos e rolamentos.³

Os TAV trafegam em vias totalmente segregadas, mas não necessariamente exclusivas. Em diversos países, como China e Alemanha, a via é compartilhada com trens de carga e trens regionais. A UIC possui um levantamento histórico de custos de construção, aquisição e manutenção de material rodante e vias de alta velocidade na Europa, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 | Estimativas de custos para linhas de alta velocidade na Europa

Item	Custo estimado
Construção de 1 km de via	€ 12 a € 30 milhões
Manutenção de 1 km de via	€ 70 mil por ano
Custo do material rodante (para um trem 350 passageiros)	€ 20 milhões a € 25 milhões
Manutenção do material rodante (€ 2/km; 500.000 km/trem ano)	€ 1 milhão por ano

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UIC (2012).

³ Mesmo que tais barreiras sejam rompidas, há um limite técnico de velocidade para o trem. Ao se aproximar da velocidade do som, perto de Mach 0,8 (ou 80% da velocidade do som), o trem entra em uma zona de escoamento crítica, na qual as ondas de choque causadas pelo eventual rompimento da barreira do som trariam danos irreparáveis aos trilhos e ao material rodante.

Panorama internacional

Tamanho do mercado e investimentos

A UNIFE – Associação Europeia da Indústria Ferroviária estima que o mercado ferroviário global movimentou cerca de € 146 bilhões em 2011 e que deverá crescer a uma taxa anual composta equivalente (CAGR) de 2,6% ao ano até 2017, chegando a aproximadamente € 170 bilhões.⁴ A Europa Ocidental e a Ásia concentram a maior parte dos investimentos, conforme pode ser visto na Tabela 5. Mesmo com um crescimento bem acima da média nos próximos anos, UNIFE (2013) ainda projeta as Américas Central e do Sul como os menores mercados em volume total de investimento.

Tabela 5 | Mercado ferroviário global por região

Região	2011		2017		CAGR (%)
	€ milhões	Share (%)	€ milhões	Share (%)	
Europa Ocidental	41.839	28,7	46.991	27,7	2,0
Ásia e Pacífico	40.822	28,0	45.608	26,8	1,9
América do Norte	24.766	17,0	29.229	17,2	2,8
Rússia	17.636	12,1	19.832	11,7	2,0
Europa Oriental	10.275	7,0	12.041	7,1	2,7
África e Oriente Médio	5.725	3,9	9.114	5,4	8,1
Américas Central e do Sul	4.745	3,3	7.116	4,2	7,0
Total	145.807		169.930		2,6

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UNIFE (2013).

Esse mesmo volume de investimento pode ser partido entre diferentes segmentos de atuação (Tabela 6). O maior montante (€ 66 bilhões em 2017) é destinado a serviços, que abrangem manutenção de vias, de material rodante e toda a cadeia de prestadores associada ao funcionamento do sistema

⁴ Não inclui obras civis.

sobre trilhos. A aquisição do material rodante ocupa a segunda posição, com uma estimativa de atingir cerca de € 55 bilhões em 2017.

O terceiro maior segmento é o de infraestrutura, que trata da instalação e construção das vias, o que inclui fornecimento de trilhos, dormentes e eletrificação. As obras civis não estão contempladas, uma vez que dependem significativamente da geografia e particularidades locais, o que poderia distorcer os números.

Com o maior crescimento entre os diferentes segmentos, estima-se que o controle de vias movimentará € 14 bilhões em 2017. Esse valor contempla serviços de sinalização e de telecomunicações, aqui incluídos os de automação plena. Tais sistemas possibilitam uma operação totalmente controlada por computador, sem necessidade de operadores a bordo do trem. Em 2013, havia 674 km de vias automatizadas no mundo em 32 diferentes cidades, inclusive em São Paulo. Estima-se que esse mercado deve crescer para até 1.800 km de vias até 2025 [UITP (2013); UNIFE (2013)].

Por fim, há o segmento de projetos denominados *turn-key*. Tais projetos consistem na contratação de apenas uma empresa para toda a solução ferroviária. Essa empresa irá estruturar desde a infraestrutura até a aquisição do material rodante. Trata-se de uma estruturação diferente do usual, na qual o sistema é fragmentado em lotes e dividido entre diferentes fornecedores.

Tabela 6 | Mercado ferroviário global por segmento

Região	2011		2017		CAGR (%)
	€ milhões	Share (%)	€ milhões	Share (%)	
Material rodante	47.705	32,7	54.791	37,6	2,3
Serviços	55.158	37,8	65.651	45,0	2,9
Infraestrutura	30.220	20,7	34.320	23,5	2,1
Controle	12.037	8,3	14.351	9,8	3,0
Projetos <i>turn-key</i>	687	0,5	817	0,6	2,9
Total	145.807		169.930		2,6

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UNIFE (2013).

Ao olhar especificamente a aquisição do material rodante, a UNIFE estima que as Américas Central e do Sul terão o maior crescimento global até 2017, com um CAGR de 9,8% ao ano (Tabela 7). Tal investimento fará com

que a região ultrapasse locais como o Oriente Médio e até mesmo a Europa Oriental. Merece destaque, também, o encolhimento do mercado asiático, influenciado pela diminuição da demanda chinesa, em especial no material rodante de alta velocidade.

Tabela 7 | Investimento em material rodante por região

Região	2011		2017		CAGR (%)
	€ bilhões	Share (%)	€ bilhões	Share (%)	
Europa Ocidental	12,4	26,0	14,8	27,0	3,0
Ásia e Pacífico	15,5	32,4	13,3	24,2	(2,5)
América do Norte	5,8	12,1	7,5	13,7	4,5
Rússia	6,9	14,4	8,7	15,9	4,0
Europa Oriental	2,8	5,9	3,5	6,3	3,5
África e Oriente Médio	2,3	4,7	3,4	6,1	6,9
Américas Central e do Sul	2,1	4,5	3,8	6,8	9,8
Total	47,7		54,9		

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de UNIFE (2013).

O segmento de alta velocidade é, justamente, o único previsto com redução significativa na demanda para os próximos anos. O principal motivo para tal é a China já ter realizado grande parte dos investimentos em sua rede, diminuindo consideravelmente o ritmo de construção de novas vias e conseqüente aquisição de novos trens. Há também previsão de queda na demanda por locomotivas, mas de forma branda. Os demais materiais rodantes terão crescimento, com destaque para sistemas de metrô e vagões de carga (Tabela 8).

Tabela 8 | Estimativas de demanda por material rodante até 2017

Material rodante	Share (%)	Estimativa	Observações
Alta velocidade	5	Queda ↓	Diminuição na China

(Continua)

(Continuação)

Material rodante	Share (%)	Estimativa	Observações
Metrô	22	Alta ↑	Crescimento na Europa, Rússia, Ásia e América do Sul
Trens regionais	27	Estável →	Projetos em andamento na Europa, Rússia e Oriente Médio
VLT	7	Alta ↗	Crescimento na Ásia e na Rússia
Locomotivas	1	Queda ↘	Diminuição na América do Norte e na Ásia
Vagões	24	Alta ↑	Crescimento na América do Norte, Rússia e Ásia

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Pélerin (2012) e UNIFE (2013).

Principais empresas

Há uma grande relação entre os principais mercados ferroviários e a origem das grandes empresas de material rodante. A Tabela 9 apresenta as dez maiores empresas de 2009 a 2012, de acordo com a receita em euros. Estima-se que, em 2012, as dez maiores responderam por 40,6%⁵ das receitas do setor. Cabe ressaltar o grande crescimento das chinesas CNR e CSR, que ocupam as duas primeiras posições, à frente das tradicionais Bombardier, Alstom e Siemens.

Tabela 9 | *Ranking* das maiores empresas globais de material rodante por receita (em €)

Empresa	2012	2011	2010	2009
CNR	1	1	3	4
CSR	2	2	1	3
Bombardier	3	3	2	1
Alstom	4	4	4	2
Transmashholding	5	6	6	10

(Continua)

⁵ Estimativa dos autores.

(Continuação)

Empresa	2012	2011	2010	2009
Stadler	6			
Siemens	7	5	5	5
GE Transportation	8	7	10	6
Uralvagonzavod	9			
Trinity Industries	10			
CAF		8	7	8
Hyundai Rotem		9	8	
Kawasaki		10	9	7
EMD				9

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Leenen (2014) e Leenen e Wolf (2012).

A Tabela 10 expõe informações mais detalhadas de todas as 14 empresas listadas na Tabela 9 e possibilita algumas análises. Primeiramente, é possível notar que as empresas que fabricam material rodante para transporte urbano, em geral, oferecem todos os tipos, incluindo VLTs, metrô, trens de subúrbio, trens regionais e TAVs. Segundo UIC (2012), existem apenas 14 fornecedores no mundo de TAV. Também de fornecimento restrito, com apenas três dos 14 fornecedores listados, é o monotrilho. Tal fato pode ser um critério relevante no momento de uma cidade optar por esse tipo de transporte. Como há poucos fornecedores, isso pode acarretar em processos licitatórios com menos concorrência, dificuldades na manutenção e problemas com reposição de peças.

Algumas das empresas atuam também com sistemas eletrônicos e de sinalização, com destaque para os sistemas de automação plena de trens. Tais sistemas são particularmente relevantes no transporte urbano, mas requerem alguns cuidados. É importante que uma cidade, ao implantar um sistema de automação, certifique-se que o sistema é compatível com material rodante de outros fornecedores. Isso é importante para se evitar *lock-in*, ou aprisionamento [Hax e Wilde (1999)]. Ou seja, um sistema de automação só teria compatibilidade com o material rodante do mesmo fornecedor. Tal situação deixaria o sistema “aprisionado” para futuras aquisições de material rodante com uma única empresa. Para evitar tal situação, é importante assegurar a independência do sistema de automação em relação ao fabricante do material rodante, garantindo a compatibilidade com o maior número possível de fornecedores.

Em relação ao transporte de cargas, apenas quatro fabricam vagões, sendo a americana Trinity Industries e a russa Uralvagonzavod especializadas nesse segmento. Justamente essas duas empresas são as únicas que não fabricam locomotivas, material rodante produzido por todas as outras e único ramo de atuação em material rodante das americanas EMD (do grupo Caterpillar) e General Electric (GE).

Tabela 10 | Principais empresas de material rodante

Empresa	Material rodante						Sistemas eletrônicos e sinalização	Outros negócios	Receita em 2013 (bilhões)		Funcionários em 2013 (transportes)	Sede
	Monorail (monotrilho)	Light rail (VLT)	Heavy rail (metrô)	Trens de subúrbio e regionais	Trens de alta velocidade	Locomotivas			Vagões	Transporte		
Alstom								Energia, smart grids	€ 5,50	€ 20,30	26.700	França
Bombardier								Aeroespacial	US\$ 8,8	US\$ 18,2	38.500	Canadá
CAF								-	€ 1,50		7.000	Espanha
CNR								-	US\$ 14,9		87.913	China
CSR								-	US\$ 14,0		85.181	China
EMD (Caterpillar)								Construção civil	US\$ 2,2	US\$ 55,6	4.055	EUA
GE								Diversos	US\$ 5,8	US\$ 146	12.000	EUA
Hyundai Rotem								Diversos	US\$ 3,1	US\$ 49,4	3.800	Coreia do Sul
Kawasaki								Diversos	US\$ 1,3	US\$ 12,7	34.620	Japão
Siemens								Diversos	€ 6,30	€ 75,90	26.000	Alemanha

(Continua)

Empresa	Material rodante						Sistemas eletrônicos e sinalização	Outros negócios	Receita em 2013 (bilhões)		Funcionários em 2013 (transportes)	Sede
	Monorail (monotrilho)	Light rail (VLT)	Heavy rail (metrô)	Trens de subúrbio e regionais	Trens de alta velocidade	Locomotivas			Vagões	Transporte		
Stadler								-	€ 2,00		6.000	Suíça
Transmashholding								-	US\$ 4,8		53.000	Rússia
Trinity Industries								Diversos	US\$ 3,5	US\$ 4,9	13.000	EUA
Uralvagonzavod								Defesa	€ 1,8	€ 2,96	32.000	Rússia

Fonte: Elaboração própria, com base em dados das empresas.

CNR e CSR

Com o estrondoso crescimento da economia chinesa nos últimos anos, houve aumento considerável na demanda por transporte sobre trilhos para cargas e passageiros. Em 1949, o país possuía 22.000 km de vias, 43.000 km em 1978, 52.000 km em 1985, 90.000 km em 2010 e mais de 100.000 km em 2013. O segmento de cargas foi impulsionado pela necessidade de transportar carvão e minério de ferro do interior para as regiões costeiras industrializadas. O segmento de passageiros, tanto urbano como regional, cresceu pela necessidade de um transporte eficiente entre áreas densamente povoadas.

Tal crescimento foi fruto da priorização do transporte sobre trilhos pelo governo chinês. Antes do processo gradual de abertura econômica, a China importava material rodante da antiga União Soviética. Somente a partir de 1978, o país passou a importar também de países ocidentais, em formato *complete knock down* (CKD). Em 1986, foi estabelecida, dentro do Ministério das Ferrovias, a Locomotive and Rolling Stock Industrial Corporation, que teve seu nome mudado para China National Railways Locomotive and Rolling Stock Industrial Corporation em 1989. O papel dessa empresa era

montar os trens de forma centralizada, inicialmente em CKD e, posteriormente, realizando todo o processo produtivo na própria China.

Já no início dos anos 2000, como parte de uma transição de um sistema monopolista para um de mercado mais aberto, a China National Railways Locomotive and Rolling Stock Industrial Corporation se dividiu em duas empresas: a China North Locomotive and Rolling Stock (CNR) e a China South Locomotive and Rolling Stock (CSR).

A seguir, o governo realizou um pacote de investimentos significativos para o período de 2006 a 2010. Foram gastos cerca de US\$ 200 bilhões para compra de 1.500 locomotivas, 4 mil carros de passageiros, 150 mil vagões de carga e mil TUEs. Como àquela época uma empresa estrangeira só podia entrar na China por meio de uma *joint venture* com uma empresa local, a CSR estabeleceu *joint ventures* com a Bombardier e com a Kawasaki, enquanto a CNR com a Alstom e com a Siemens. Todos esses acordos previam transferência de tecnologia [Adachi (2013)]. Resultado desse investimento, as empresas CNR e CSR cresceram rapidamente, como foi possível notar na Tabela 9.

Com a diminuição da demanda no mercado local, as empresas chinesas tendem a buscar novos mercados. Atualmente, cerca de 58% de todas as receitas da CSR são oriundas do governo chinês e apenas 8% do mercado externo [Leenen (2014)].

Panorama brasileiro e atuação do BNDES

O Brasil possui 30.129 km de trilhos em seu território. Desses, 28.692 km são destinados ao transporte de carga e 1.437 km ao de passageiros (Tabela 11). Nota-se que o transporte sobre trilhos a longas distâncias é predominantemente voltado para cargas, ficando o de passageiros mais restrito ao transporte urbano. Em virtude de problemas históricos de expansão da malha (Seção “Breve histórico das ferrovias no Brasil”), há diferentes bitolas⁶ em utilização, o que gera dificuldades na integração da rede nacional.

⁶ Bitola é a distância entre as faces internas das partes superiores dos trilhos, sobre os quais deslizam as rodas dos veículos. O padrão internacional, adotado na Conferência Internacional de Berna, em 1907, é denominado *standard* e possui 1,435 m. As bitolas abaixo desse valor são chamadas estreitas e as que estão acima, largas. No Brasil, a bitola estreita é a métrica (de 1,0 m) e a larga é a 1,6 m. As vias podem, ainda, ter três ou mais trilhos, para permitir a passagem de veículos com bitolas diferentes. Nesse caso, a bitola é denominada mista [ANTF (2014a)].

Tabela 11 | Extensão da malha brasileira por perfil de bitola (em km)

Ferrovia	Bitolas			
	Larga (1,6 m)	Métrica (1,0 m)	Mista	Total
ALL Malha Norte	617			617
ALL Malha Oeste		1.945		1.945
ALL Malha Paulista	1.463	243	283	1.989
ALL Malha Sul		7.254	11	7.265
Estrada de Ferro Carajás	892			892
Estrada de Ferro Paraná Oeste		248		248
Estrada de Ferro Vitória a Minas		905		905
Ferrovia Centro-Atlântico		7.910	156	8.066
Ferrovia Tereza Cristina		164		164
MRS Logística	1.632		42	1.674
Transnordestina Logística		4.189	18	4.207
Ferrovia Norte-Sul	720			720
Total Transporte de cargas	5.324	22.858	510	28.692
Metrô*	216,5	71,7		305,6
VLTs		45,7		45,7
Trens urbanos**	474,1	180,4		671,5
Trens turísticos e culturais		117,4		117,4
Trombetas-Amapá***-Jari	68	35		297
Total Transporte de passageiros	759	450		1.437
Total geral	6.083	23.308	510	30.129

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de CNT (2013).

* O metrô de São Paulo possui 17,4 km em bitola *standard* (1,435 m).

** 17 km em bitola de 1,1 m.

*** 194 km em bitola *standard* (1,435 m).

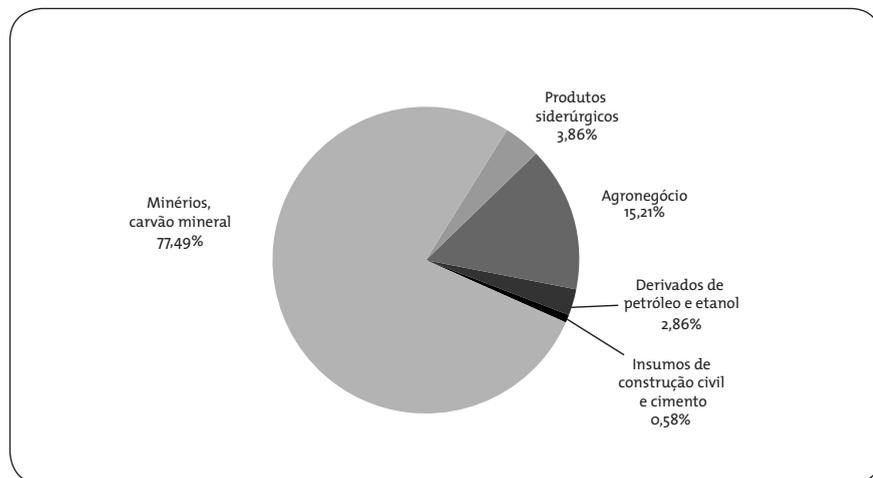
Os investimentos do PIL preveem ampliação e recuperação de 11.000 km de vias. Em cargas, estão previstos R\$ 99,6 bilhões, sendo R\$ 57 bilhões no período de 2014 a 2017, que englobam investimentos em infraestrutura, modernização e aquisição de material rodante.

Perfil da frota e perspectivas de investimento

Para melhor compreender a frota de material rodante de carga no país, é necessário olhar o que é transportado. Ao longo desses mais de 28 mil quilômetros de ferrovias, foram transportadas, apenas em 2013, 490 milhões de

toneladas úteis de carga, com predomínio de minérios e carvão mineral, seguidos de produtos agrícolas, conforme visto no Gráfico 1 [ANTF (2014b)].

Gráfico 1 | Participação dos produtos transportados pelas ferrovias (em % de TKU)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014b).

A frota de vagões está, de fato, alinhada com esse perfil de produtos. O vagão mais comum no país é do tipo gôndola, seguido do *hopper* (Tabela 12). De acordo com a ANTF, a idade média dos vagões no país era de 25 anos em 2010, mostrando considerável renovação em relação a 1990, quando era de 42 anos. A projeção para 2020 é de continuidade da melhoria, passando a 18 anos. Como, em média, um vagão possui uma vida útil entre trinta e 35 anos [ANTF (2014b)], há uma clara perspectiva de renovação da frota atual.

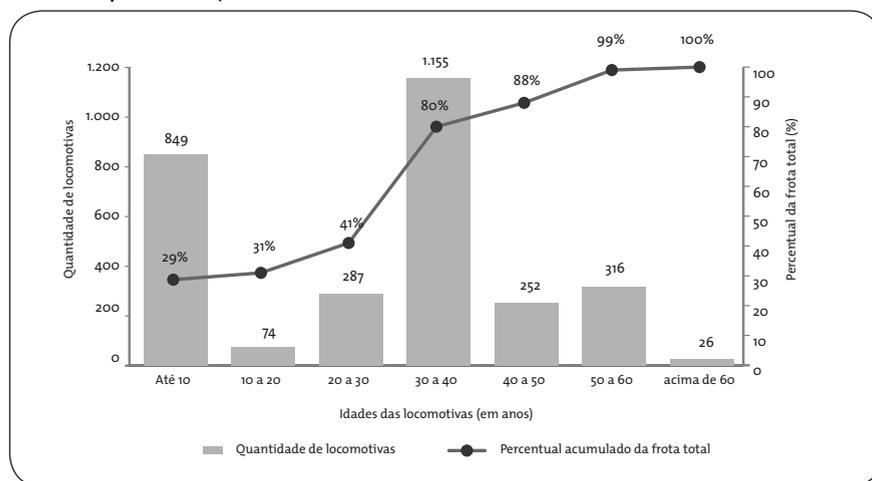
Tabela 12 | Frota de vagões no Brasil em 2013

Tipo	Quantidade	Percentual do total
Fechado	7.269	7,27
Gôndola	44.437	44,43
<i>Hopper</i>	28.940	28,94
Plataforma	11.158	11,16
Tanque	6.689	6,69
Outros	1.517	1,51
Soma	100.010	100,00

Fonte: ANTF (2014b).

Já a frota de locomotivas apresenta um quadro diferente, conforme ilustrado no Gráfico 2. Apesar de uma recente renovação da frota, que atingiu 29% do total de ativos, 59% das locomotivas do país possuem mais de trinta anos, com concentração significativa na faixa de trinta a quarenta anos. Parte desses ativos mais antigos data da época da RFFSA e passam por estudos da Associação Brasileira da Indústria Ferroviária (Abifer) e ANTF para renovação [Revista Ferroviária (2014)].

Gráfico 2 | Distribuição das idades da frota ativa de locomotivas no Brasil



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Segretti (2014).

Nota: Não tiveram as idades informadas e não constam no gráfico 51 locomotivas da FCA.

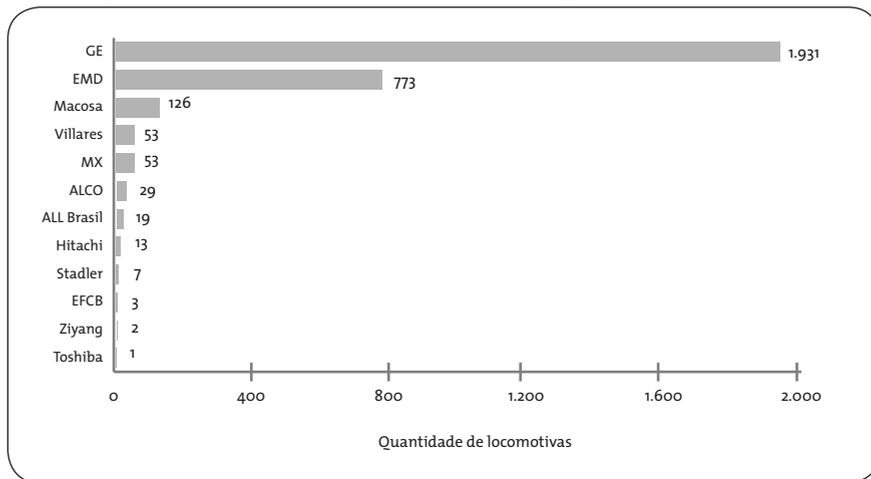
Dessa frota, dois fabricantes concentram cerca de 90% de todas as locomotivas ativas: GE e EMD. A primeira possui 1.931 locomotivas em atividade no Brasil, ou 64,2% do total, e a segunda, 773, ou 25,7% do total. Dez outros fabricantes dividem os 10% restantes do mercado (Gráfico 3).

O cenário para o material rodante de passageiros é semelhante ao de locomotivas. Há indicativos de uma renovação recente, apontada pelo fato de 32% dos TUEs no país terem menos de dez anos. Contudo, há uma grande concentração de ativos com mais de trinta anos, totalizando 45% do total da frota (Gráfico 4).

A perspectiva de investimentos em passageiros se divide no TAV e em mobilidade urbana. Para o TAV, estão previstos R\$ 35,6 bilhões [Logística Brasil (2014)], mas atrasos frequentes no processo licitatório dificultam

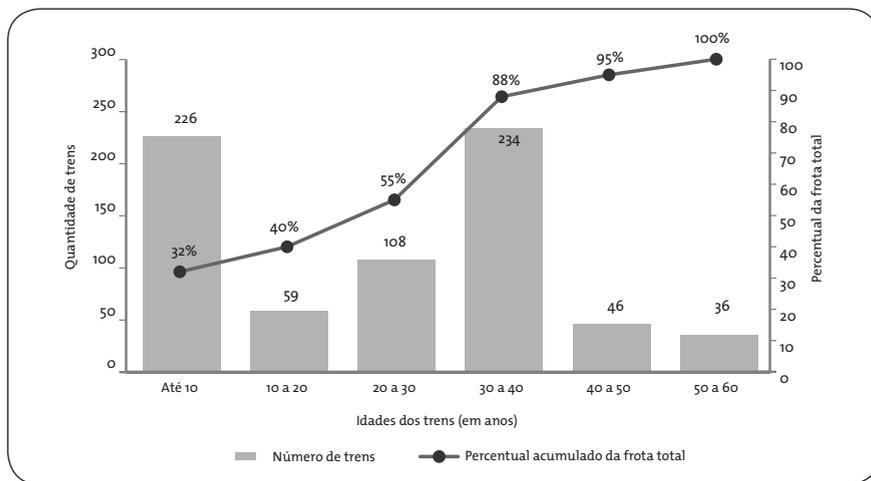
precisar quando seria executado. Já o transporte urbano possui diversos investimentos em andamento e prevê R\$ 53 bilhões no período de 2014 a 2017. Esse montante se divide entre metrô, trens de subúrbio, VLTs, mon trilhos e BRTs. Excluindo-se os BRTs e olhando só o investimento em transporte sobre trilhos, o valor é de R\$ 46 bilhões.

Gráfico 3 | Quantidade de locomotivas da frota ativa por fabricante



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Segretti (2014).
 Nota: As locomotivas GM foram incorporadas aos números da EMD.

Gráfico 4 | Distribuição das idades da frota ativa de TUEs no Brasil



Fonte: Elaboração própria, com base em *Revista Ferroviária* (2013).

Do montante total de R\$ 53 bilhões, 73%, ou R\$ 38,7 bilhões, serão voltados às regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. Apenas São Paulo corresponde a R\$ 26,5 bilhões, com destaque para a construção de 31 km de metrô nas linhas 2, 5 e 6, além de 57 km de monotrilhos das linhas 15, 17 e 18. A expectativa é de que a rede passe dos atuais 75 km para cerca de 163 km na próxima década. O investimento no Rio de Janeiro é de R\$ 12,7 bilhões, com destaque para a Linha 4 do Metrô, a implantação do monotrilho Niterói-São Gonçalo e o VLT do Centro da cidade. As demais regiões metropolitanas possuem perspectiva de investimentos metroferroviários, como Porto Alegre (15 km), Curitiba (18 km), Salvador (36 km), Fortaleza (12 km) e Belo Horizonte (15 km).

Tal volume de investimentos impacta diretamente na aquisição de material rodante. Tendo em vista os projetos em andamento e as projeções do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), é possível estimar os volumes destinados a cada material rodante, tanto em quantidade de carros como em volume financeiro. Dessa forma, estima-se que até 2017 serão gastos cerca de R\$ 10 bilhões somente na aquisição de material rodante, com o metrô capturando a maior parte dos investimentos (Tabela 13).

Tabela 13 | Investimentos previstos em material rodante urbano, 2014-2017

Material	2014	2015	2016	2017
R\$ milhões	538	1.466	1.122	2.161
Metrô	144	453	238	550
Monotrilho	0	245	103	510
VLT	114	403	233	187
Trem de subúrbio	280	365	548	914
Número de carros*	146	546	390	662
Metrô	37	116	59	142
Monotrilho		135	63	212
VLT	53	191	112	48
Trem de subúrbio	56	104	156	260

Fonte: Elaboração própria, com base em dados obtidos como os estados, municípios e concessionárias.

* Não é o mesmo que o número de composições. Cada composição pode ser composta de vários carros. Do ponto de vista de planejamento industrial, é mais indicado projetar o investimento dessa forma.

O principal motivo para esse volume de investimento é o descontingenciamento realizado pelo governo federal e a aplicação de recursos em projetos de mobilidade urbana por meio do PAC Mobilidade Urbana – Grandes e Médias Cidades. Desde a estabilização da moeda na década de 1990 e o controle do endividamento do setor público, os empréstimos do BNDES dependem de descontingenciamentos, autorizados pelo Conselho Monetário Nacional (CMN).

Inicialmente os estados ou municípios interessados em contrair financiamento apresentavam suas consultas e eram inscritos no Cadip – Sistema de Registro de Operações de Crédito com o Setor Público do Banco Central do Brasil (Bacen). Periodicamente, o CMN definia uma margem global de endividamento e eram autorizadas as contratações, por ordem cronológica de entrada, até atingir-se o teto descontingenciado. Também estavam descontingenciados os recursos de financiamento no âmbito dos Programas de Ajuste Fiscal (PAF), celebrados pelos estados com a Secretaria do Tesouro, com margens de endividamento revistas anualmente.

A partir de 2003, com a criação do Ministério das Cidades, essa margem passou a ser setorial, abordando segmentos como saneamento, habitação e transporte. O CMN definia uma margem por setor, cabendo ao Ministério das Cidades estabelecer os critérios de seleção e realizar a hierarquização dos projetos apresentados, sendo autorizada a contratação dos mais bem colocados até o limite estabelecido pelo CMN.

Com o lançamento do PAC em 2007, este passou a ser o mecanismo de descontingenciamento. Além dos PAF dos estados, somente os projetos contemplados no âmbito dos PAC contam com recursos descontingenciados. Especificamente em relação aos transportes, após cerca de cinco anos sem autorização de novas contratações, o processo só foi retomado com o PAC das Cidades-Sede da Copa 2014, seguido dos PAC Mobilidade – Grandes Cidades e Médias Cidades.

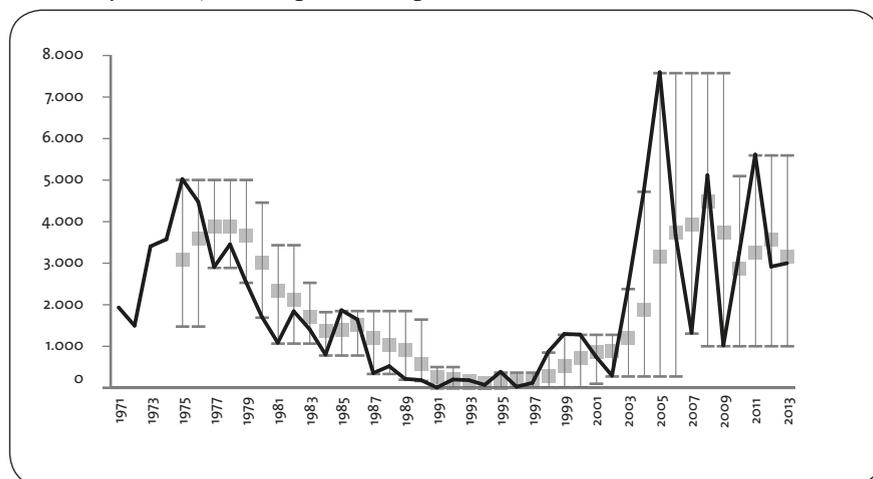
Os números de contratação e execução das obras do PAC, no entanto, ainda estão muito baixos se comparados aos grandes valores já descontingenciados, resultado, sobretudo, da ausência de projetos constatada no setor. Situação que deve ser revertida nos próximos anos, quando os estudos estiverem prontos. A falta de projetos é reflexo da descontinuidade nos descontingenciamentos, que gera imprevisibilidade de contratação e leva o gestor público a não fazer os investimentos prévios (estudo de demanda, viabilidade

econômica e financeira, priorização, projeto básico, licenciamento, busca de financiamento, análise de crédito, licitação), pois isso demanda tempo e gastos sem certeza de viabilização dos projetos. Se os gestores públicos não têm como planejar-se, a indústria sofre.

Produção local e balança comercial

A fabricação brasileira de produtos ferroviários é bastante particular. Como o país, historicamente, não possuiu uma política de longo prazo voltada para esse meio, a produção é absolutamente volátil. Os gráficos a seguir buscam analisar tal comportamento. Neles, a linha mais escura representa a produção anual, e as barras indicam três informações relativas às médias móveis dos últimos cinco anos. O traço superior é a média móvel do máximo produzido nos últimos cinco anos, enquanto o traço inferior corresponde ao mínimo e o quadrado à média. A amplitude das barras ilustra a grande lacuna existente na produção anual nos diferentes anos.

Gráfico 5 | Fabricação de vagões de carga no Brasil

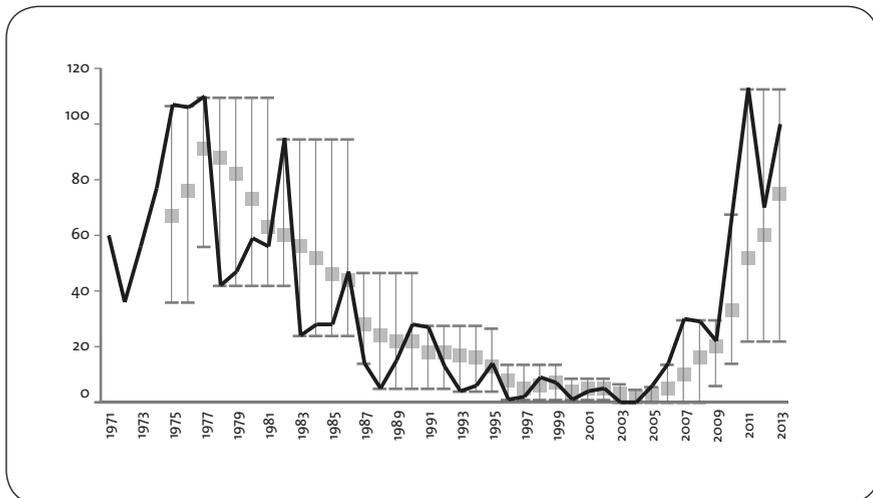


Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Abifer (2014).

É importante notar que a produção nesse setor é predominantemente puxada. Os ativos, em geral, são produzidos sob encomenda e dependem, em alguns casos, de determinadas especificações. O Gráfico 5 e o Gráfico 6 mostram o cenário para cargas e o Gráfico 7 para passageiros. Apesar de uma retomada do setor a partir dos anos 2000, há claramente uma grande

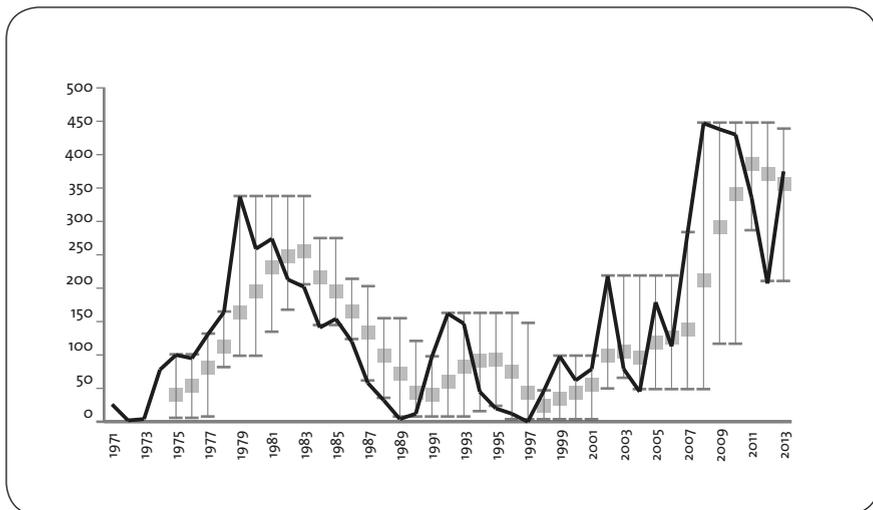
oscilação na produção. Em 2005, por exemplo, foram produzidos 7.597 vagões, mas, logo depois, em 2007, esse número já caiu para 1.327, subiu novamente em 2008 para 5.118 e caiu para 1.022 em 2009 (Gráfico 5).

Gráfico 6 | Fabricação de locomotivas no Brasil



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Abifer (2014).

Gráfico 7 | Fabricação de carros de passageiros no Brasil



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Abifer (2014).

Tamanha incerteza reflete-se em grande dificuldade de planejamento. Como consequência, torna-se complexo dimensionar uma fábrica no país e sua capacidade instalada. A Tabela 14 ilustra essa realidade, mostrando como o setor operou bem abaixo da capacidade em 2013.

Tabela 14 | Capacidade instalada e utilização da indústria brasileira em 2013

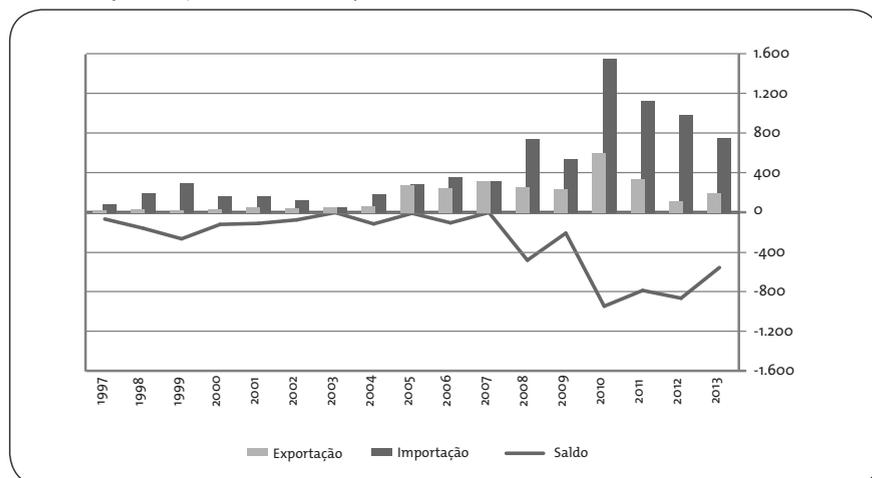
Material rodante	Capacidade instalada	Produção em 2013	Taxa de utilização (%)
Vagões de carga	12.000	3.000	25
Carros de passageiros	1.000	350 a 400*	35 a 40
Locomotivas	250	100	40

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Abifer (2014) e Abifer (2013).

* Números preliminares.

Mesmo operando abaixo da capacidade instalada, o setor é deficitário. As exportações são modestas e as importações, mesmo apresentando um pouco de queda nos últimos anos, são bastante significativas (Gráfico 8). Os mercados para os quais o Brasil exportou nos últimos anos são a América Latina, a África e os EUA. Já os principais mercados dos quais o país importou são: EUA, Espanha, China, Japão, Alemanha, França, Itália, Polônia, Canadá, Suíça, Índia e Coreia do Sul.

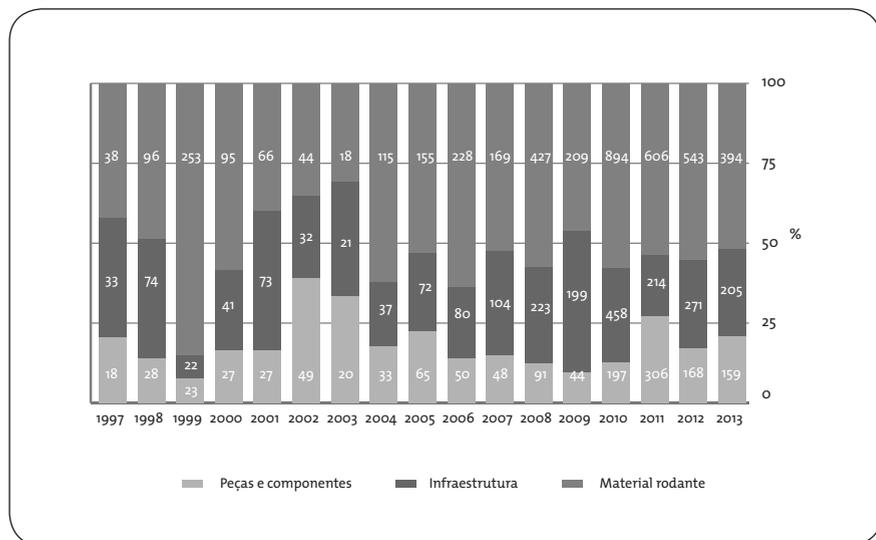
Gráfico 8 | Balança comercial de produtos ferroviários (em milhões de US\$)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Secex/MDIC (2014).

De todo o montante importado e exportado, o material rodante desempenha relevante função. O Gráfico 9 ilustra que tais itens constantemente correspondem a mais da metade de todas as importações brasileiras do segmento ferroviário. Se forem adicionados as peças e os componentes, esse número se aproxima de 75% de todo o valor importado. Dentre as principais peças e componentes importados, destacam-se: mancais, eixos, rodas, freios, ganchos, para-choques e truques. O último item, infraestrutura, é predominantemente importação de trilhos, já que não há fabricação no país e, conseqüentemente, esse item possui alíquota zero de importação.

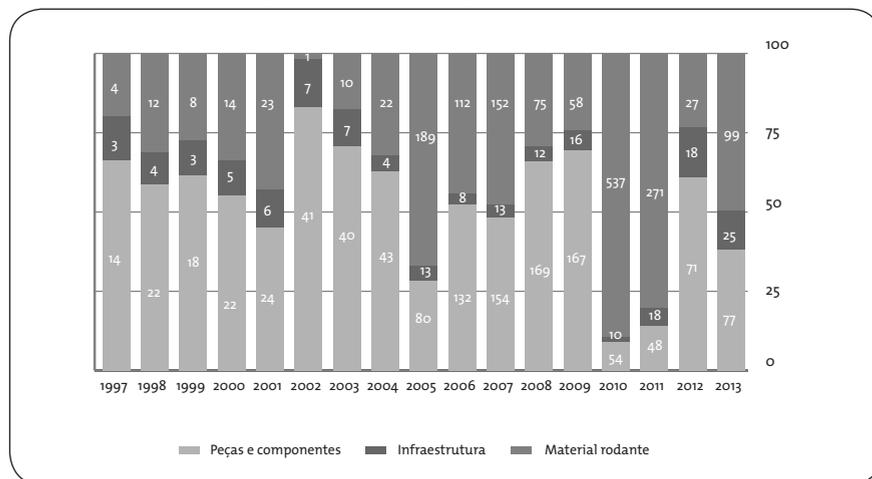
Gráfico 9 | Participação do material rodante no total de importações brasileiras (em milhões de US\$)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Secex/MDIC (2014).

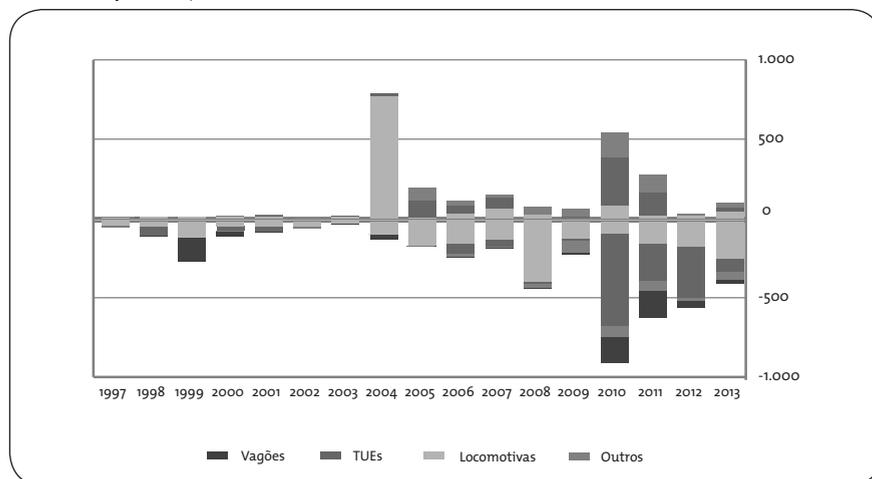
As exportações, por sua vez expostas no Gráfico 10, são historicamente dominadas por peças e componentes, e os itens mais comercializados são rodas e eixos. A participação de infraestrutura é pequena, com as talas de junção como principal item da pauta. O material rodante teve anos bastante significativos em 2010 e 2011, com participação dos três principais segmentos (locomotivas, TUEs e vagões), mas tal desempenho não se sustentou em 2012 e 2013. Nota-se que o comportamento geral das exportações brasileiras é bastante volátil, assim como a produção local.

Gráfico 10 | Participação do material rodante no total de exportações brasileiras (em milhões de US\$)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Secex/MDIC (2014).

Gráfico 11 | Balança comercial de material rodante (em milhões de US\$)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de Secex/MDIC (2014).

O Gráfico 11 permite analisar mais detalhadamente a balança comercial especificamente de material rodante. Os valores negativos correspondem às importações e os positivos às exportações. Verifica-se um crescimento dos valores, principalmente por causa de TUEs, resultado dos investimentos em

mobilidade urbana. É importante notar, contudo, que, como são ativos de vida útil elevada, as aquisições não são tão frequentes. Uma vez adquirido um material rodante, este servirá por um período considerável, daí a dificuldade em estabilizar tais números. O que movimenta o mercado local são os novos investimentos e as perspectivas de renovação do material existente. Justamente esses fatores vêm atraindo novas empresas para o país e podem alavancar a indústria ferroviária no país.

Principais fabricantes no Brasil

O Brasil possui plantas de algumas das principais empresas globais, conforme o Quadro 4. No transporte de passageiros, há configurações diversas de atuação: multinacionais independentes (como Alstom, CAF e Bombardier), *joint ventures* com empresas nacionais (MPE/Scomi, IESA/Hitachi e IESA/Hyundai Rotem) e empresas de capital nacional (como Bom Sinal, T'Trans e Coester).

Em geral, essas plantas trabalham com projetos associados. A fábrica da MPE/Scomi, no Rio de Janeiro, por exemplo, opera sob o contrato de fornecimento de 24 composições de monotrilho para a Linha 17 de São Paulo. A capacidade no local é de seis monotrilhos por mês. A planta da Alstom, em construção também no Rio de Janeiro, focará em VLTs para fornecimento para o projeto da cidade.

Em cargas, o cenário é um pouco distinto. Há a presença de três principais empresas fabricantes de locomotivas, incluindo as grandes e diversificadas multinacionais EMD e GE. No segmento de vagões, o predomínio é nacional. A Amsted-Maxion é uma *joint venture* entre a americana Amsted Industries e a brasileira Iochpe-Maxion. Já a Usiminas e a Randon são empresas brasileiras e que atuam em outros setores, além do ferroviário.

Quadro 4 | Principais fabricantes de material rodante com plantas no Brasil

Empresa	Local da planta	Material rodante fabricado
Alstom	São Paulo (SP)	Metrô, trens de subúrbio
	Deodoro (RJ)	Trens de subúrbio
	Taubaté (SP)*	VLTs
Amsted Maxion	Hortolândia (SP)**	Vagões

(Continua)

(Continuação)

Empresa	Local da planta	Material rodante fabricado
Bom Sinal	Barbalha (CE)	VLTs
Bombardier	Hortolândia (SP)	Monotrilhos
CAF	Hortolândia (SP)	Metrôs, trens de subúrbio, VLTs
Coester	São Leopoldo (RS)	Aeromóveis, APMs
EIF	Três Rios (RJ)	Locomotivas
EMD	Sete Lagoas (MG)	Locomotivas
Empretec	Guarulhos (SP)	Vagões especiais
GE	Contagem (MG)	Locomotivas
IESA/Hitachi	Araraquara (SP) ^{***}	Monotrilhos
IESA/Hyundai Rotem	Araraquara (SP)	Trens de subúrbio
MPE/Scomi	Rio de Janeiro (RJ)	Monotrilhos
Randon	Caxias do Sul (RS)	Vagões
	Araraquara (SP) [*]	Vagões
T'Trans	Três Rios (RJ)	VLTs
Usiminas	Santana do Paraíso (MG)	Vagões

Fonte: Elaboração própria, com base em dados dos *sites* das empresas.

* Plantas em construção.

** Também possui fábrica em Cruzeiro (SP) para fabricação de peças e componentes.

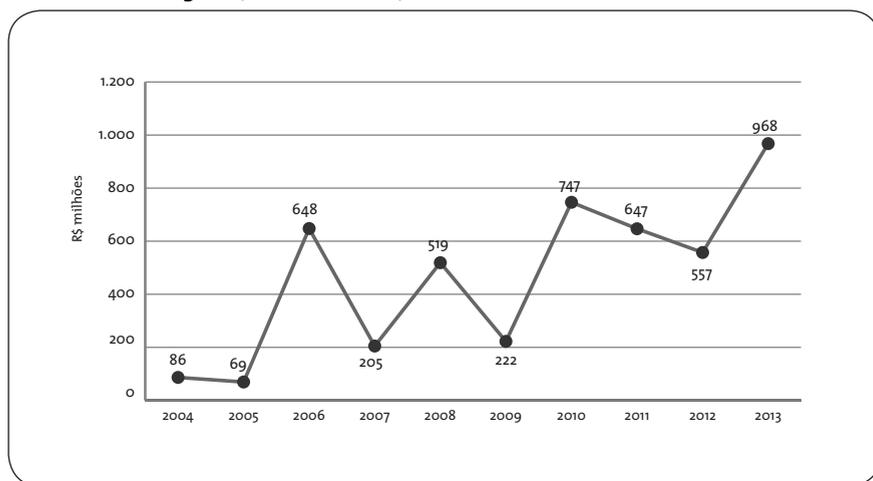
*** Em estudo.

O BNDES possui linhas de apoio à comercialização, à produção e ao investimento em material rodante e transporte sobre trilhos. A primeira forma é a de comercialização de material rodante, via produto Finame. Tal linha é especialmente relevante para o setor de cargas, em que se estima que cerca de 78% dos vagões e 34% das locomotivas comercializados nos últimos dez anos tiveram apoio do BNDES. Os desembolsos são crescentes nesse produto, conforme ilustrado no Gráfico 12.

A segunda forma de apoio é à indústria, ou seja, ao fabricante do equipamento. Empreendimentos que tenham por objetivo implantação, modernização, expansão da capacidade produtiva e aumento da produtividade podem ser apoiados. Merecem destaque os apoios às atividades de engenharia para melhorias de VLT da Bom Sinal, no Ceará, e ao incremento de capacidade produtiva da fábrica da Randon no Rio Grande do Sul, este último de cer-

ca de R\$ 100 milhões de apoio financeiro. Estimativas da Abifer preveem investimentos de R\$ 310 milhões até meados de 2016 “na ampliação e modernização das instalações fabris, aplicação de novas tecnologias e treinamento de mão de obra da indústria ferroviária brasileira” [Martins (2014)].

Gráfico 12 | Desembolsos do BNDES Finame para locomotivas e vagões (em R\$ milhões)



Fonte: BNDES.

Nota: Valores em R\$ de dezembro de 2013, corrigidos pelo IGP-DI (FGV).

A terceira forma de apoio é à execução do projeto de investimento em transporte sobre trilhos. Podem ser apoiados investimentos em aquisição e modernização de material rodante; construção e adequação de estações e terminais; implantação, expansão e modernização de sistemas de sinalização e controle; e eletrificação de vias. Destaca-se a aprovação em 2014 de R\$ 4,47 bilhões para a implantação da Linha 6 (laranja) do Metrô de São Paulo, no trecho entre as estações Brasilândia e São Joaquim, que terá 13,3 km de extensão, 15 estações, pátio de manutenção, vinte trens e transportará mais de 600 mil passageiros por dia útil.

Mais recentemente, o BNDES criou, ainda, o Programa Fundo Clima, com condições diferenciadas, que visa à redução de emissões de gases do efeito estufa. Podem ser apoiados investimentos em transporte sobre trilhos que reduzam a emissão de poluentes locais no transporte coletivo urbano de passageiros e que melhorem a mobilidade urbana, tanto para a fabricação de material rodante como para a infraestrutura.

Conclusões

Com os recentes investimentos de mais R\$ 100 bilhões anunciados em novas ferrovias para carga e no transporte urbano sobre trilhos, há uma natural tendência de crescimento da demanda por material rodante novo. O presente artigo buscou, portanto, traçar um panorama dessa indústria e as perspectivas para o desenvolvimento desse setor no Brasil.

Historicamente, o meio ferroviário no país sofreu com um crescimento desordenado, sem planejamento ou priorização, e à margem do rodoviário. Outros países, ao contrário, sempre tiveram os trilhos como prioridade, seja para carga ou para passageiros. É o caso do Japão, da China, dos EUA e de europeus, como Alemanha e França. Justamente esses países são sede de algumas das principais empresas de material rodante, impulsionadas pelos fortes mercados interno e regional.

É importante notar que, mesmo em países desenvolvidos, o investimento em infraestrutura possui forte participação estatal. O crescimento da demanda por material rodante no Brasil, acima da média mundial, é justamente atrelado a esse movimento. Com isso, apesar de ainda pequeno em relação aos demais mercados globais, o brasileiro começa a demonstrar boas perspectivas, evidenciado pela atração de alguns dos grandes *players* globais. Contudo, para se desenvolver, o Brasil precisa focar em alguns pontos.

O primeiro desafio é a estabilização da produção local, que ainda é extremamente volátil e marcada por incerteza. Como se trata de uma produção com elevados custos fixos, a necessidade de escala é fundamental. Mas a própria natureza do segmento ferroviário pode auxiliar nesse processo. Por se tratar de investimentos vultosos e de longo prazo de execução, é possível transmitir aos fornecedores de material rodante certa previsibilidade. Se uma cidade, por exemplo, planeja construir um sistema de metrô e essa execução irá demorar cinco anos, é possível passar esse planejamento à empresa de material rodante com razoável antecedência, facilitando seu planejamento produtivo. Com um plano nacional consistente e de longo prazo, e não apenas investimentos pontuais, essas demandas se espalham ao longo do tempo, aumentando a previsibilidade. Para tanto, é necessária uma continuidade nos descontingenciamentos para que exista previsibilidade nas contratações.

Da mesma forma, é necessário que a indústria local esteja pronta para responder à demanda. Para tal, é importante o desenvolvimento da cadeia de fornecedores. Medidas como índice de nacionalização mínimo para material

rodante em obras financiadas com recursos públicos estimulam fabricantes locais, mas, dependendo do número de fornecedores disponíveis e das curvas de aprendizado, podem acrescentar custos ao projeto. Uma alternativa pode ser o estímulo à formação de *joint ventures* entre empresas brasileiras e detentores de tecnologia estrangeiros, como já ocorre pontualmente em sistemas não disponíveis no Brasil, como os monotrilhos.

A internacionalização é um caminho natural da indústria. Mesmo com as medidas mencionadas para estabilização da demanda local, mercados estrangeiros trazem novas oportunidades de crescimento, diversificação de receitas e *hedge* natural contra as oscilações locais. Dessa forma, uma alternativa para fortalecimento das empresas estabelecidas no país é a revisão dos incentivos à exportação de material rodante e de componentes.

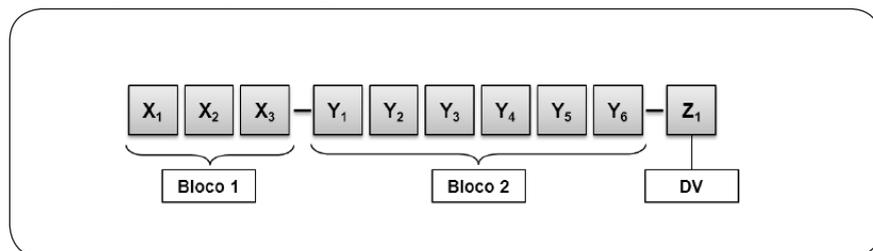
Finalmente, os investimentos na malha ferroviária brasileira, para cargas e passageiros, devem ser parte de um plano contínuo de desenvolvimento de longo prazo, pensado de forma integrada entre as esferas federal e estadual, e não somente marcada por casos pontuais. Tal planejamento poderá alavancar o mercado nacional, fortalecer as empresas, trazer novos *players* e resultar em maior competitividade e eficiência.

Apêndice

Classificação de vagões

A classificação de vagões obedece ao critério representado na Figura A1. A categorização, o Bloco 1, é composta por três letras. A primeira (X_1) determina o tipo de vagão, a segunda (X_2) o subtipo e a terceira (X_3) seu peso bruto máximo, também chamado de “manga do eixo”. As duas primeiras são apresentadas na Tabela A1 e a terceira na Tabela A2.

Figura A1 | Classificação de vagões



Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014c).

Tabela A1 | Tipos e subtipos de vagões

Tipo de vagão	Especificação segundo Norma BR 11691 (Bloco 1)		
	1ª letra	2ª letra	Detalhamento
Gaiola	A	C	Com cobertura, estrado e estrutura metálica (inclui réguas de madeira)
		M	Com cobertura de madeira
		R	Para animais de raça
		V	Para aves
		D	Descoberta
		Q	Outros tipos
Caboose	C	C	Convencional
		B	Com compartimento para bagagens
		Q	Outros tipos
Fechado	F	R	Convencional, caixa metálica com revestimento
		S	Convencional, caixa metálica sem revestimento
		M	Convencional, caixa de madeira
		E	Com escotilhas e portas <i>plug</i>
		H	Com escotilhas, tremonhas no assoalho e portas <i>plug</i>
		L	Com laterais corrediças (<i>all-door</i>)
		P	Com escotilhas, portas basculantes, fundo em lombo de camelo
		V	Ventilado
Gôndola	G	D	Para descarga em giradores de vagão
		P	Com bordas fixas e portas laterais
		F	Com bordas fixas e fundo móvel (<i>drop-bottom</i>)
		M	Com bordas fixas e cobertura móvel
		T	Com bordas tombantes
		S	Com semibordas tombantes
		H	Com bordas basculantes ou semitombantes com fundo em lombo de camelo
		C	Com bordas tombantes e cobertura móvel
		B	Basculante
		Q	Outros tipos
<i>Hopper</i>	H	F	Fechado convencional
		P	Fechado com proteção anticorrosiva

(Continua)

(Continuação)

Tipo de vagão	Especificação segundo Norma BR 11691 (Bloco 1)		
	1ª letra	2ª letra	Detalhamento
Hopper	H	E	Tanque (<i>center-flow</i>) com proteção anticorrosiva
		T	Tanque (<i>center-flow</i>) convencional
		A	Aberto
		Q	Outros tipos
Isotérmico	I	C	Convencional com bancos de gelo
		F	Com unidade frigorífica
		Q	Outros tipos
Plataforma	P	M	Convencional com piso de madeira
		E	Convencional com piso metálico
		D	Convencional com dispositivo para contêineres
		C	Para contêineres
		R	Com estrado rebaixado
		T	Para autotrem
		G	Para serviço <i>piggyback</i>
		P	Com cabeceira (<i>bulkhead</i>)
		B	Para bobinas
		A	Com dois pavimentos para automóveis
		H	Com abertura telescópica
Tanque	T	Q	Outros tipos
		C	Convencional
		S	Com serpentinas para aquecimento
		P	Para produtos pulverulentos
		F	Para fertilizantes
		A	Para ácidos e líquidos corrosivos
		G	Para gás liquefeito de petróleo
		Q	Outros tipos
Especial	S	T	Torpedo (produtos siderúrgicos de alta temperatura)
		B	Basculante
		P	Plataforma para lingotes, placas de aço etc.
		G	Gôndolas para sucata, escórias etc.
		Q	Outros tipos

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014c).

Tabela A2 | Peso máximo por bitola

Peso máximo admissível por bitola			
Bitola		Carga máxima por eixo (t)	Peso bruto máximo (t)
1,0 m	1,6 m		
A	O	7,50	30
B	P	11,75	47
C	Q	16,00	64
D	R	20,00	80
E	S	25,00	100
F	T	30,00	120
G	U	35,00	140

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014c).

O Bloco 2, de seis algarismos, indica o proprietário do vagão. O primeiro algarismo (Y_1) varia de acordo com o proprietário conforme indicado na Tabela A3. Os demais algarismos (Y_2 a Y_6) obedecem à numeração própria da empresa detentora do ativo. A terceira e última parte da identificação (Z_1) é um dígito verificador que obedece a um algoritmo preestabelecido na norma para verificação da numeração.

Tabela A3 | Classificação de vagões conforme proprietário

Proprietário	1º algarismo	Faixa numérica
Particulares	0	000000 a 099999
CVRD	1, 2	100000 a 299999
Fepasa	3, 4, 5	399999 a 599999
RFFSA	6, 7, 8, 9	600000 a 999999

Fonte: Elaboração própria, com base em dados de ANTF (2014c).

Referências

ABATE, V. VICENTE ABATE (presidente Associação Brasileira da Indústria Ferroviária – ABIFER): coletiva de imprensa – Feira Intermodal South America. *Perspectivas do país no setor ferroviário*. São Paulo, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.abifer.org.br/download/coletivaimpressaoakPDF.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

ABIFER – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA FERROVIÁRIA. *A indústria ferroviária brasileira em números*. Disponível em: <<http://www.abifer.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 19 mai. 2014.

ADACHI, M. *China's competitiveness: myth, reality and lessons for the United States and Japan. Case study: China South Locomotive and Rolling Stock Corporation (CSR)*. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2013.

ANTF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. *Glossário dos termos ferroviários*. 2014a. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/pdfs/glossario.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

_____. *Balço do transporte ferroviário de cargas no Brasil 2013*. 2014b. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/images/stories/noticias/palestra%20vilaca%202014%20antf%20balanco%20do%20transporte%20ferroviario%20de%202013%20versao%20final.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2014.

_____. *Informações do setor – material rodante*. 2014c. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/index.php/informacoes-do-setor/material-rodante>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

APTA – AMERICAN PUBLIC TRANSPORTATION ASSOCIATION. *Fact book glossary*. 2014. Disponível em: <<http://www.apta.com/resources/statistics/Pages/glossary.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

ARRENDAMENTO por frota. *Revista Ferroviária*, São Paulo, n. 105, p. 18-22, 2014.

CERVERO, R. *The transite metropolis: a global inquiry*. Washington, DC: Island Press, 1998.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. *Pesquisa CNT de Ferrovias 2011*. Brasília, 2011.

_____. *O sistema ferroviário brasileiro*. Brasília, 2013.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. *Directiva 96/48/CE do Conselho de 23 de Julho de 1996 relativa à interoperabilidade do sistema ferroviário transeuropeu de alta velocidade*. 1996. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0048:PT:HTML>>. Acesso em: 18 mar. 2014.

DELSCAN ARUP. *Rolling stock technology assessment for Metrolinx go electrification*. Toronto, Canadá: Metrolinx, 2010. DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Histórico*. [on-line], 2014. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/ferrovias/historico>>. Acesso em: 27 mai. 2014.

FROTA nacional de carros de passageiros aumenta 6,9% de 2012 para 2013. *Revista Ferroviária*, São Paulo, n. 103, p. 48-51, 2013.

HAX, A.; WILDE, D. The delta model: adaptive management for a changing world. *Sloan Management Review* 40, p. 11-28, 1999.

HERDY, R. R.; MALBURG, H. C.; SANTOS, R. T. Transporte urbano: o papel do BNDES no apoio à solução dos principais gargalos de mobilidade. In: LAGE, F. *BNDES 60 Anos – perspectivas setoriais*, p. 310-346, v. 2, Rio de Janeiro, BNDES, 2012.

ILOS. *Custos logísticos no Brasil – 2014*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/ilos_2014/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/custos-logisticos-no-brasil/#toggle-id-2>. Acesso em: 16 mai. 2014.

IMRT – THE INSTITUTE OF METRO AND RAIL TECHNOLOGY. *Mass transit systems: technologies and choices*. Secunderabad, 2013.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Transporte ferroviário de cargas no Brasil: gargalos e perspectivas para o desenvolvimento econômico e regional. *Comunicados do Ipea*, n. 50. Brasília, mai. 2010.

LACERDA, S. M. O transporte ferroviário de cargas. In: BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social. *BNDES 50 anos – histórias setoriais*, seção Infraestrutura, Rio de Janeiro: BNDES, dez. 2002.

LEENEN, M. *Chinese rolling stock for european customers*. Hamburgo, Alemanha: SCI Verkehr GmbH, 2014.

LEENEN, M.; WOLF, A. *The worldwide market for railway technology*. Hamburgo, Alemanha: SCI Verkehr GmbH, 2012.

LOGÍSTICA BRASIL. *Programa de Investimentos em Logística*. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.logisticabrasil.gov.br>>. Acesso em: 19 mai. 2014.

MARCHETTI, D. D.; FERREIRA, T. T. Situação atual e perspectivas da infraestrutura de transportes e da logística no Brasil. In: LAGE, F. *BNDES*

60 Anos – *perspectivas setoriais*, p. 232-271, v. 2. Rio de Janeiro, BNDES, 2012.

MARTINS, M. *Indústria ferroviária do Brasil recebe investimento de R\$ 360 mi até 2016. Associação Comercial do Rio de Janeiro (ACRJ)*, 27 mai. 2014. Disponível em: <<http://www.acrj.org.br/noticias/industria-ferroviaria-do-brasil-recebe-investimento-de-r-360-mi-ate-2016-2014-05-27#>>. Acesso em: 4 jun. 2014.

PÉLERIN, J. *The global rail market: key findings from the UNIFE World Rail Market Study*. Copenhagen: UNIFE – Associação Europeia da Indústria Ferroviária, 2012.

PEÑA, F. J.; JIMÉNEZ, A.; MATEOS, A. A first approach to the optimization of Bogotá's TransMilenio BRT system. In: Finnish Operations Research Society 40th Anniversary Workshop – FORS40. *Proceedings...* Lappeenranta: LUT Scientific and Expertise Publications, 2013, p. 94-104.

PEREIRA, R. M.; SCHWANEN, T. *Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009): diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo*. Brasília, DF: Ipea, 2013. (Texto para discussão, n. 1.813).

RAILWAY TECHNICAL WEB PAGES. *Multiple unit operation*. [on-line], 2014a. Disponível em: <<http://www.railway-technical.com/muops.shtml>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

_____. *Electronic power for trains*. [on-line], 2014b. Disponível em: <<http://www.railway-technical.com/tract-02.shtml>>. Acesso em: 29 mai. 2014.

SEGRETTI, R. Frota total de locomotivas se mantém estável em 2013. *Revista Ferroviária*, n. 105, p. 66-68, 2014.

THE MONORAIL SOCIETY. *About us: The Monorail Society*. [on-line], 2014. Disponível em: <<http://www.monorails.org/tMspages/WhatIs.html>>. Acesso em: 19 mai. 2014.

TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. *Transit Capacity and Quality of Service Manual*. 3. ed. Washington, DC: TRB, 2013.

UIC – INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS: BANCO DE DADOS. *Multiple units (MUs) vs. loco-hauled trains*, 2003. Disponível em: <

energy.org/tfee/index.php?ID=220&TECHNOLOGYID=23&SEL=210&EXPANDALL=3>. Acesso em: 28 mai. 2014.

_____. *High speed rail: fast track to sustainable mobility*. Paris, France: UIC, 2012, 18 p.

_____. *General definitions of highspeed*, 2014. Disponível em: <<http://www.uic.org/spip.php?article971>>. Acesso em: 26 mai. 2014.

UITP. *Metro automation in 2013*. Bruxelas, Bélgica: UITP, 2013.

UNIFE. *World Rail Market Study 2012 Executive Summary*. 2013.

Disponível em: <http://www.unife.org/uploads/120911_WRMS_ExecutiveSummary.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2014.

WORLD METRO DATABASE: BANCO DE DADOS. Metrobits.org, [on-line], 2014.

Disponível em: <<http://mic-ro.com/metro/table.html?feat=CIPOCOOPLGSTLSDP&orderby=LG&sort=DESC&unit=&status=>>>. Acesso em: 16 mai. 2014.

WRIGHT, L.; FJELLSTROM, K. *Sustainable transport: a sourcebook for policy-makers in developing cities*. Eschborn: The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), 2003.