

TREM SUSPENSO NO AR



O MagLev-Cobra usa a força magnética entre ímãs de terras-raras e supercondutores para se deslocar sem tocar a via

Domingos Zapparoli

O Brasil dá mais um passo no desenvolvimento de um trem de levitação magnética (maglev). Esses veículos futuristas, ainda raros no mundo, deslocam-se silenciosamente, sem emissão direta de poluentes – são eletrificados –, suspensos a poucos centímetros da via. Até o fim do ano, pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) planejam iniciar uma nova fase de testes do primeiro veículo experimental em escala real do mundo dotado da tecnologia de levitação supercondutora (SML). O deslocamento do vagão, com 4,3 metros (m) de comprimento por 2 m de largura e capacidade para 20 passageiros, se dará em uma via elevada de 200 m, entre os Centros de Tecnologia 1 e 2 da UFRJ, na Ilha do Fundão, na capital fluminense.

Apenas Japão, China e Coreia do Sul têm veículos maglev operacionais. A pesquisa na área também ocorre na Alemanha, nos Estados Unidos, na França, na Inglaterra, na Rússia e na Itália. O sistema SML é uma das três tecnologias maglev promissoras para o transporte de massa. As outras duas, levitação eletrodinâmica e eletromagnética, são mais antigas.

O projeto do MagLev-Cobra, nome do veículo brasileiro, é liderado por professores do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da UFRJ em parceria com a Escola Politécnica e o Instituto de Física da mesma universidade. A pesquisa teve início em 1998 (ver Pesquisa FAPESP nº 157) e é apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Três patentes já foram concedidas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Um primeiro protótipo do veículo, construído de forma artesanal, operou experimentalmente entre 2015 e 2020 na mesma via de 200 m. “Vinte mil pessoas foram transportadas no período”, conta o engenheiro eletricitista Richard Magdalená Stephan, do Programa de Engenharia Elétrica da Coppe, coordenador do desenvolvimento do MagLev-Cobra. Os resultados do primeiro

ano de teste foram tema de artigo publicado em 2016 no periódico científico *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*.

A nova versão do trem fluminense foi fabricada pela empresa gaúcha Aerom. “É fruto de uma produção industrial. Se for preciso construir um segundo veículo igual, conseguiremos fazer isso. Com o anterior, seria impossível”, esclarece o engenheiro. O veículo ganhou novas funcionalidades, como operação autônoma, sem condutor, sistema automático de abertura e fechamento de portas e melhor isolamento térmico e acústico.

ESTABILIDADE NA LEVITAÇÃO

A tecnologia de levitação supercondutora empregada no MagLev-Cobra aproveita as propriedades de materiais produzidos apenas no fim do século XX. Os trens transportam uma cerâmica constituída de óxido de ítrio, bário e cobre, e os trilhos são ímãs de terras-raras – ligas de neodímio-ferro-boro –, conforme explicam Stephan e colegas em trabalho divulgado na revista *Electronics*, em 2020. Resfriada com nitrogênio líquido a 196 graus Celsius (°C) negativos, a cerâmica se torna supercondutora e expulsa o campo magnético produzido pelos ímãs. O diamagnetismo – a tendência de expulsar o campo magnético – gera uma força entre o supercondutor e o ímã, e é essa a força que faz o trem levantar.

Em substituição a cada roda do trem comum, há um criostato, dispositivo térmico na forma de caixa retangular que refrigera a cerâmica. “A repulsão entre materiais supercondutores de alta temperatura [HTS] e ímãs de terras-raras gera uma força estável de levitação, não facilmente rompida”, explica o professor da Coppe. Com isso, um comboio de veículos maglev com tecnologia SML pode enfrentar de forma estável até mesmo curvas fechadas.

O MagLev-Cobra, que na versão final será composto por vagões articulados, deverá levantar a 1 cm da via. Sua tração será realizada por um motor elétrico de indução linear instalado no centro da via, de uma ponta a outra. Parte dele, a armadura, é instalada no trem; a outra, um rotor de motor elétrico retificado, é implantada ao longo de toda a via, alinhado com a armadura –

O primeiro protótipo do MagLev-Cobra foi testado em uma via suspensa em relação ao solo na UFRJ entre 2015 e 2020

normalmente os motores elétricos são dispostos circularmente em torno de um eixo e operam de forma rotativa. Um sistema de alimentação fornece energia para o motor, que funciona através de um contato deslizante entre a armadura e o rotor. Como o sistema de levitação não gera atrito, a tração tem de lutar apenas contra o atrito com o ar, que é reduzido a baixas velocidades. Assim, o consumo energético é pequeno. A energia para abastecer o motor do MagLev-Cobra será gerada por placas solares.

A nova fase de testes do veículo deve durar pelo menos um ano. Depois, a equipe da UFRJ planeja construir uma via maior, de 1 km de extensão, dotada de curvas de raios de 50 m e aclives de até 15%. Nela, o veículo poderá atingir 70 km/hora – o protótipo atual vai se deslocar a no máximo 12 km/h. “Após esses ensaios, e se tudo correr bem, estaremos prontos para uma operação comercial”, projeta Stephan. O veículo deverá circular sobre uma via elevada contínua. “Se for ao nível do solo, terá que ser em uma via segregada”, diz o pesquisador.

Para o engenheiro civil Rômulo Dante Orrico Filho, ex-subsecretário municipal de Transportes do Rio de Janeiro e professor do programa de Engenharia de Transportes da Coppe, mas sem participação no projeto, o MagLev-Cobra apresenta vantagens significativas, o que justificaria apoio e investimento público para sua implementação.

“O custo operacional, que envolve gasto de energia e manutenção, é mais baixo do que o de veículos de rodas sobre trilho”, compara o engenheiro. Outra vantagem, destacada por Orrico Filho, é sua leveza, por dispensar trilhos e rodas de aço. “A infraestrutura para sustentar a via é mais leve”, argumenta.

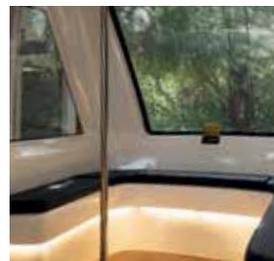
O engenheiro eletricitista José Roberto Cardoso, coordenador do Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LMAG) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), avalia que o MagLev-Cobra é uma alternativa única de transporte em baixa velocidade com levitação magnética. “O projeto é original e evoluiu bastante nos últimos 20 anos. Ele é ideal para ser utilizado em trajetos dentro das cidades, em aeroportos e entre municípios próximos”, afirma.

EXPERIÊNCIA CHINESA

Os estudos sobre levitação magnética aplicada ao transporte de passageiros remontam ao início do século XX. Em 1912, o francês Emile Bachelet (1863-1946) depositou a primeira patente de levitação eletrodinâmica (EDL). A levitação eletromagnética (EML) foi proposta pelo alemão Hermann Kemper (1892-1977) em 1934. Foi apenas nos anos 1970 que começaram as primeiras pesquisas para desenvolver trens maglev.

O conhecimento científico que permite a levitação com a tecnologia SML é mais recente, do fim dos anos 1980. Fora do Brasil, a maioria dos projetos SML está em fase de ensaios laboratoriais. O protótipo mais avançado foi testado na Southwest Jiaotong University (SWJTU), em Chengdu, na China, em 2021 – seis anos após o início dos ensaios do protótipo artesanal do MagLev-Cobra. O projeto chinês visa ao transporte de alta velocidade, entre cidades, enquanto o da UFRJ tem foco em trajetos urbanos.

O teste do protótipo da SWJTU aconteceu em uma via de 165 m. De acordo com o engenheiro mecânico Zigang Deng, líder da equipe de tecnologias HTS maglev na SWJTU, uma nova linha de testes de 1,6 km está sendo planejada para entrar em operação em 2025. “Queremos atingir velocidades superiores a mil km/h”, informou Deng a *Pesquisa FAPESP*. “A tecnologia de operação do



2 A nova versão do veículo da Coppe teve produção industrial; detalhe da cabine de passageiros (ao lado) e o criostato (abaixo), dispositivo que substitui a roda dos trens





Veículos de levitação magnética em operação em Chengdu (acima) e Shanghai (à dir.), na China

maglev SML em baixa velocidade está totalmente desenvolvida e foi demonstrada pela equipe da UFRJ”, constata Deng. Por isso, diz ele, a SWJTU optou por trabalhar em um projeto focado em aplicações em alta velocidade.

Na tecnologia pioneira de levitação eletrodinâmica, os ímãs são transportados pelo trem e os trilhos são condutores normais. Para que a força repulsiva seja suficiente para sustentar os vagões, os trilhos precisam ficar sujeitos a um campo magnético que varia rapidamente. Por isso, a levitação só aparece quando a velocidade do trem é relativamente alta.

A primeira linha EDL de demonstração foi implementada em 1997, no Japão. Uma via de 42,8 km foi construída em Yamanashi, localizada entre Tóquio e Osaka, também para ensaios. Dois anos depois, o veículo maglev alcançou o recorde mundial de 603 km/h. “A levitação eletrodinâmica é uma tecnologia voltada para veículos de alta velocidade. A levitação só ocorre após atingir 100 km/h”, esclarece Stephan.

A outra tecnologia, de levitação eletromagnética, utiliza as forças atrativas do magnetismo entre eletroímãs instalados nos veículos, em lugar das rodas, e materiais ferromagnéticos, nas vias. É indicada tanto para trajetos longos, nos quais o trem atinge maiores velocidades, quanto para percursos urbanos. Desde 2003, um veículo de alta velocidade construído com tecnologia alemã percorre os 30 km entre o aeroporto de Shanghai, na China, e o centro da cidade, registrando até 450 km/h – foi a primeira operação comercial de um veículo de levitação magnética de alta velocidade.

Além dela, existem hoje cinco operações maglev urbanas, sendo três na China, uma no Japão e uma na Coreia do Sul, todas com o sistema EML. “Por conta das altas velocidades que atingem, os trens de levitação magnética podem se tornar no futuro uma opção para ligar a Ásia e a Europa por terra”, cogita Cardoso, da USP.

Um artigo científico escrito por Stephan e Deng e publicado em 2023 em *Modern Transportation Systems and Technologies* destaca as vantagens do sistema SML em comparação à tecnologia EML, também destinada ao transporte urbano. “A levitação eletromagnética depende de fornecimento de energia de forma ininterrupta. Falhas no fornecimento de eletricidade levam ao colapso do sistema de levitação”, diz. Como consequência, os veículos EML demandam sensores e sistemas de backup energético. Já na tecnologia SML, para manter o trem em levitação só é necessário reabastecer uma vez por dia o criostato com nitrogênio líquido.

Outra diferença: o sistema EML utiliza pesados eletroímãs nos veículos, enquanto os criostatos do sistema SML são leves. A terceira distinção entre as duas tecnologias se dá no chamado aparelho de mudança de via. Nos maglev EML, para um veículo trocar de via, esta precisa ser deslocada para conduzir o maglev para a nova direção. No maglev SML, em um entroncamento, basta substituir os ímãs da via por eletroímãs e energizar na direção que se deseja seguir, cortando a eletrificação de um ramal e mantendo no outro. “Essas características geram leveza, praticidade e confiabilidade aos sistemas SML”, explica Stephan. ■

Os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.