

# UM PROTÓTIPO BRASILEIRO DE TREM DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA

R.M. Stephan, A.C. Ferreira, R.de Andrade Jr., L.G.B. Rolim, M.A. Neves,  
M.A. Cruz Moreira, M.A.P. Rosário, O.J. Machado, R. Nicolisky

LASUP - Laboratório de Aplicações de Supercondutores, Eng. Elétrica, UFRJ.  
Cx. P. 68553- 21945-970 Rio de Janeiro  
e-mail: [lasup@dee.ufrj.br](mailto:lasup@dee.ufrj.br)

**Resumo-** Neste trabalho, descreve-se o estado atual do protótipo de trem de levitação da UFRJ. O projeto tem duas partes principais: a levitação e a tração. Os resultados e desenvolvimentos de ambas as partes são descritos. Simulações e testes experimentais são apresentados. A integração das duas partes é feita em laboratório com um protótipo de escala reduzida. Estes resultados são necessários como convencimento para investimentos maiores, fundamentais para a construção de um protótipo em escala real, próximo passo deste projeto.

**Abstract-** The current state of the high-temperature superconducting magnetic levitation train prototype in UFRJ is described. This project has two main parts: the levitation and the traction. In this paper, the development and results of both parts are presented. Simulation and test measurements are presented. The integration of both parts is done with a small scale laboratory prototype. These results are necessary as a convincing example for higher investments and new enrollments, necessary for the construction of a real scale prototype, the next step in this project.

## NOMENCLATURA

EDL	-Levitação Eletrodinâmica
EML	-Levitação Eletromagnética
FEM	-Método de Elementos Finitos
LIM	-Motor Linear de Indução
LSM	-Motor Linear Síncrono
LN <sub>2</sub>	-Nitrogênio Líquido
Nd-Fe-B	-Neodímio Ferro Boro (material magnético)
SQL	-Levitação Supercondutora
YBCO	-Ítrio Bário Cobre Oxigênio (supercondutor)

## I. INTRODUÇÃO

Os estudos de transporte ferroviário empregando levitação remontam mais de meio século. A série de congressos MAGLEV, cuja primeira edição ocorreu nos anos 60, reúne, a cada dois anos, os principais especialistas neste campo. O presente trabalho resulta de uma linha de pesquisa da UFRJ voltada para levitação supercondutora e que teve no Congresso MAGLEV'2000[1], realizado no Rio de Janeiro, o seu principal impulso.

A eliminação, pela levitação, do atrito entre rodas e trilho permite atingir velocidades superiores a 450km/h mas, em compensação, exige um sistema de tração especial, sendo que os motores lineares são a solução mais adequada.

Como introdução ao tema, o artigo apresenta, nos capítulos II e III, de uma forma concisa, as principais técnicas de levitação, situando o método empregado neste protótipo com as diferentes alternativas existentes no mundo. Em seguida, no capítulo IV, são apresentados detalhes do sistema de levitação e, no capítulo V, do sistema de tração. O artigo encerra com um esboço de análise da viabilidade técnica e econômica da proposta.

## II. LEVITAÇÃO

Para efeitos de entendimento, as técnicas de levitação podem ser classificadas como eletromagnéticas, elétricas e mecânicas [2].

Dentre as técnicas mecânicas, estão as que usam força pneumática, como é explorado no conhecido 'hovercraft', ou ainda forças aerodinâmicas, como usado nos aviões.

Como elétrica, pode-se conceber uma situação em que cargas elétricas de mesma polaridade estão dispostas frente a frente e.g. [3,4].

Finalmente, podem ser citados os métodos fundamentados na intensidade de um campo magnético. Neste ponto, vale ainda registrar a levitação com materiais diamagnéticos, mas cuja força resultante é bem menor do que as que serão vistas agora [5].

Estas técnicas de levitação magnética, devido à intensidade da força que produzem, podem ser empregadas em sistema de transporte de alta velocidade.

## III. LEVITAÇÃO MAGNÉTICA

Os métodos de levitação magnética podem ser subdivididos em três grupos, descritos abaixo:

### A. Levitação Eletrodinâmica (EDL)

Este tipo de levitação necessita do movimento de um campo magnético nas proximidades de um material condutor. A proposta japonesa de trem de levitação, LEVMAG (<http://www.rtri.or.jp/index.html>), está calcada neste princípio [6].

Se um material magnético realizar um movimento relativo a uma lâmina condutora (alumínio, por exemplo), correntes

parasitas serão induzidas no condutor. Estas correntes, por sua vez, gerarão um outro campo magnético o qual, pela lei de Lenz, opor-se-á ao campo criado pelo material magnético. A interação entre ambos gerará uma pressão magnética e, por conseguinte, uma força repulsiva no material magnético. Esta força é a responsável pela levitação do corpo. Uma outra força ( $F$ ), só que contrária ao movimento do material magnético (força de arraste), também existe neste modo de levitação, Fig.1.

### B. Levitação Eletromagnética (EML)

Este tipo de levitação tem na proposta alemã de trem de levitação, Transrapid (<http://www.transrapid.de>), que está atualmente implementado na China numa conexão de 30km entre Pudong Shanghai International Airport e Shanghai

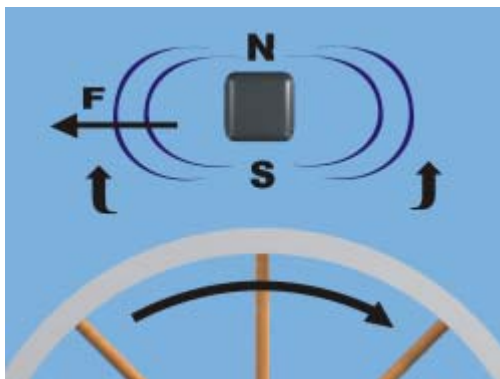


Fig. 1 Esquema do princípio de levitação eletrodinâmica.

Lujiazui, um distrito financeiro, e na proposta japonesa HSST (<http://www.meitetsu.co.jp/chsst>) grandes exemplos de sucesso. A Suíça também, no seu projeto Swissmetro, emprega esta tecnologia (<http://www.swissmetro.com>).

O fundamento físico básico, nesta aplicação, explora a força de atração que existe entre um ímã ou eletro-ímã e um material ferromagnético. A estabilização, neste caso, só é possível com uma malha de realimentação e regulador devidamente sintonizado, Fig.2.

### C. Levitação Supercondutora (SQL)

Este tipo de levitação baseia-se no efeito Meissner de exclusão de campo magnético do interior dos supercondutores [7, 8]. No caso dos supercondutores do tipo II, esta exclusão é parcial, o que diminui a força de levitação mas conduz à estabilidade da levitação. Este fenômeno só pôde ser devidamente explorado a partir do final do século XX com o advento de novos materiais magnéticos e pastilhas supercondutoras de alta temperatura crítica, que se tornam supercondutoras a temperaturas muito mais elevadas que os supercondutores convencionais. Os supercondutores de alta temperatura crítica podem ser resfriados com nitrogênio líquido (temperatura de ebulição  $-196^{\circ}\text{C}$ ) enquanto que os supercondutores convencionais precisam ser refrigerados com hélio líquido (temperatura de ebulição  $-269^{\circ}\text{C}$ ), o que torna o custo da refrigeração muito elevado.

Estes novos supercondutores estão sendo usados na pesquisa de um novo tipo de trem de levitação em diferentes

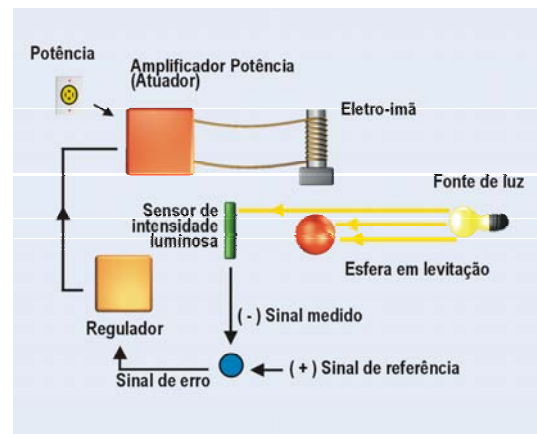


Fig. 2 Experiência de levitação eletromagnética.

países, incluindo Brasil (<http://www.lasup.dee.ufrj.br/>), China (<http://asclab.swjtu.edu.cn>) e Alemanha (<http://ifw-dresden.de>). Esta solução tecnológica ainda não foi implementada em escala real.

O diagrama esquemático do princípio físico está ilustrado na Fig.3. Um experimento demonstrativo se vale do trecho de trilho de Nd-Fe-B de 30cm mostrado na Fig.4 e de um recipiente térmico com duas pastilhas de YBCO no seu interior, mostrado na mesma figura. Estas pastilhas são resfriadas a 77K com Nitrogênio Líquido ( $\text{LN}_2$ ) e o resultado da levitação é apresentado na Fig.5.

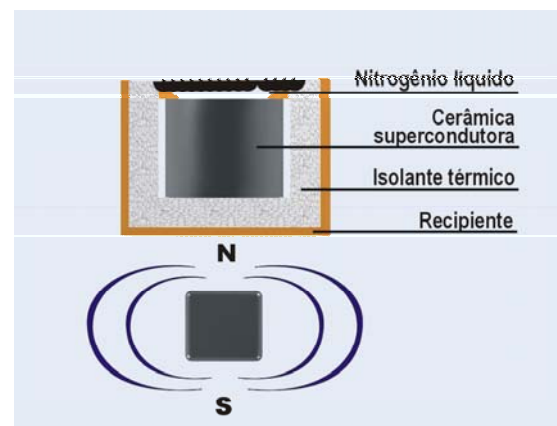


Fig. 3 Princípio de levitação supercondutora.



Fig. 4 Trilho de levitação com visualização dos blocos supercondutores de YBCO e recipiente para  $\text{LN}_2$ .



Fig. 5 Introdução de banho de LN<sub>2</sub>

As tabelas I e II, a seguir, apresentam um resumo do estado atual da tecnologia de transporte utilizando levitação magnética e tração linear.

Deve-se registrar que, na ocasião que Alemanha e Japão iniciaram seus programas de trem de levitação, a tecnologia SQL não estava disponível.

#### IV. TRILHO DE LEVITAÇÃO

Inicialmente foram utilizados imãs de Ferrita no trilho de levitação, mas a força de sustentação obtida foi muito modesta para a aplicação proposta. Em vista disso, o trilho do protótipo construído utiliza imãs de Nd-Fe-B.

A Fig. 6(a) mostra uma foto deste trilho, que emprega, em cada veio, duas colunas de imãs de 2,54x2,54x1,27cm, montados em oposição de polaridade e separados por concentradores de fluxo de aço 1020. Na Fig. 6(b) vê-se o esquema de corte transversal de um trilho com levitador. Os blocos supercondutores de YBCO são refrigerados com um banho de LN<sub>2</sub>, mantido no interior do recipiente ilustrado na figura. No protótipo, o líquido refrigerante é perdido por evaporação e reposto durante as experiências. No futuro, prevê-se o emprego de um sistema de refrigeração de ciclo fechado. O LN<sub>2</sub> não representa, no entanto, um fator significativo no custo deste processo. Seu preço é da ordem de R\$2,00 / litro e para uma demonstração de 15min gasta-se cerca de 5 litros. A Fig. 7 apresenta as medidas de força de levitação para seções de trilhos de Ferrita e Nd-Fe-B construídas com a mesma configuração de blocos supercondutores. Como pode ser observado, o trilho de Nd-Fe-B produz uma força uma ordem de grandeza superior ao de Ferrita.

**TABELA I – Projetos Mundiais de Transporte com Tecnologia de Levitação e Tração Linear em Implantação.**

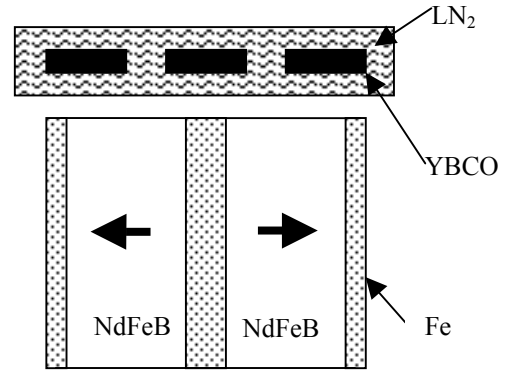
País	Projeto	Comprimento	Tecnologia de levitação	Tecnologia de tração	Situação
Japão	Nagoya East- Hill Line	9 km	HSST – EML	LIM- armadura curta	Em construção – operação em 2005
Alemanha	Aeroporto Munique - Centro de Munique	36,8 km	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Planejamento
Alemanha	Reno-Ruhr Metrorapid	78,9 km	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Planejamento
USA	Baltimore-Washington	64 km	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Planejamento
USA	Pittsburgh-Washington	76 km	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Planejamento
China	Aeroporto Shanghai - Shangai Lujiazui	30 km	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Inaugurado em 01/01/2003

**TABELA II – Exemplos de Estudos de Transporte com Tecnologia de Levitação e Tração Linear.**

País	Projeto	Tecnologia de levitação	Tecnologia de tração	Escala	Situação
Japão	Yamanashi	MAGLEV – EDL	LSM- armadura longa	Escala real 18,4km	Fase de testes
Alemanha	Emsland	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Escala real 31,5km	Fase de testes
Coreia	KIMM Uni. - Daejon	EML	LIM- armadura curta	Escala real 1,3km	Fase de testes
China	Jiaotong Univ.- Chengdu [9]	SQL	LIM- armadura longa	Modelo reduzido 14m	Em desenvolvimento
Brasil	UFRJ	SQL	LSM- armadura longa	Modelo reduzido 30m	Em desenvolvimento
Suíça	Swissmetro	Transrapid – EML	LSM- armadura longa	Escala real	Projeto
USA	Old Dominion University, Vi[10]	EML	LIM- armadura curta	Escala real 1km.	Operação de teste



Fig. 6. (a) Trilhos de levitação de Nd-Fe-B ladeando o motor linear.



(b) Corte transversal de um trilho de levitação.

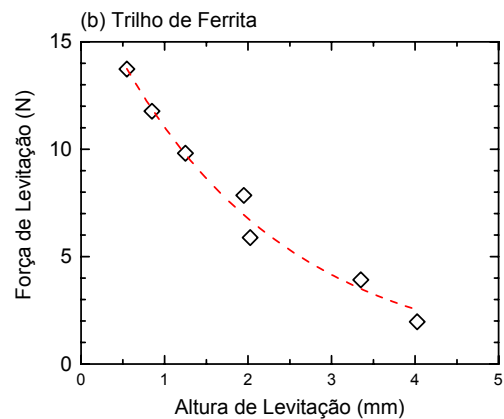
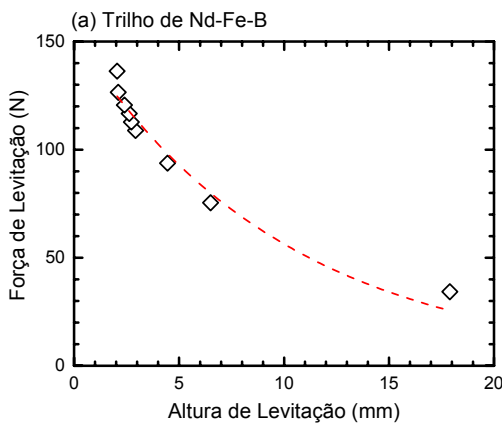


Fig. 7. Forças de levitação medidas com a mesma configuração de bloco supercondutores.

## V. MOTOR LINEAR SÍNCRONO (LSM)

A ausência de contato mecânico para a transmissão de força de propulsão, consequência da levitação, sugere o uso de um motor linear para o acionamento. Com o objetivo de validar a combinação das técnicas de tração e levitação supercondutora (SQL), foi construído um primeiro protótipo de 7m [11] com motor linear síncrono de armadura curta e campo produzido por ímãs de Ferrita distribuídos ao longo do trilho. Este protótipo apresenta o inconveniente da necessidade de contatos mecânicos para alimentar a armadura posicionada no veículo. Para altas velocidades, estes contatos mecânicos tornam-se um problema, que pode ser contornado com o uso de um motor linear de armadura longa. Como a armadura de um motor de indução é idêntica a de um motor síncrono, e aí reside o maior custo de uma máquina linear de armadura longa, dá-se preferência ao uso de motores síncronos pela sua maior eficiência e facilidade de controle.

Esta seção descreve o projeto de um motor linear síncrono de armadura longa com excitação fornecida por ímãs de Nd-Fe-B fixos no veículo. Com a finalidade de testar o desempenho dos sistemas de tração e levitação, o veículo circulará em uma trajetória fechada de 30m de perímetro (Fig.8).

Dois projetos de motor linear síncrono foram

considerados: um motor com lado duplo e um motor de um único lado. A escolha recaiu sobre esta segunda opção devido à facilidade de operação nas curvas. Um cuidado especial foi tomado para minimizar as forças de atração entre o carro e o trilho, o que poderia prejudicar o sucesso da operação do sistema de levitação. Em vista disso, foi adotado um núcleo de ar.

O motor é alimentado por um conversor de potência com controle V/f constante. No futuro, técnicas de controle vetorial e o emprego de mais de um conversor, com alimentação segmentada do trilho e sincronização da alimentação, serão explorados.

### A. Projeto do Motor Linear

O ponto central do projeto recai sobre o cálculo preciso da distribuição da densidade de fluxo magnético devido à armadura e ao campo. Neste trabalho, foi empregado um programa comercial de cálculo por elementos finitos [12].

1) *Validação experimental* – A proposta em estudo necessariamente implica em um espaçamento variável entre a parte móvel e a fixa (“air-gap”). Assim, a primeira providência adotada foi o cálculo da densidade de campo magnético a diferentes distâncias da superfície dos ímãs.



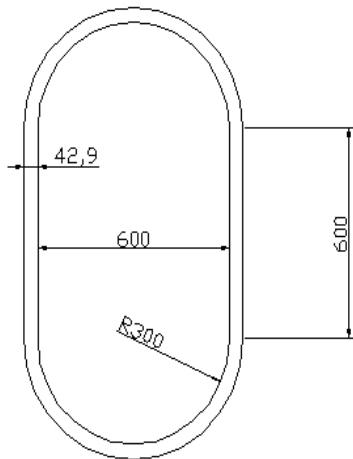


Fig. 8 – Trajetória com trilho duplo de levitação (em cm)

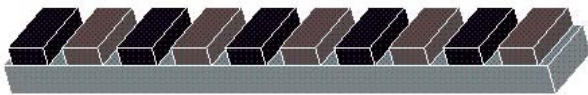


Fig. 9 – Polos de imã permanente no veículo

Para o cálculo da componente  $B_y$ , foi usada a geometria da Fig. 9. Com o auxílio de um Gaussímetro, medidas experimentais foram tomadas ao longo da linha central dos magnetos. Para as diferentes alturas consideradas na Fig. 10, os resultados calculados e experimentais dos valores de pico de  $B_y$  estão resumidos na Tabela III. Para a distância de 5mm, a Fig. 11 apresenta a distribuição do campo ao longo de dois pólos.

As diferenças encontradas nestes resultados podem ser explicadas pelo fato que as simulações usaram as características dos ímãs permanentes fornecidas pelo fabricante. No entanto, estes ímãs foram adquiridos sem magnetização e foram magnetizados por uma firma terceirizada. Desta forma, não se tem certeza dos dados de magnetização empregados. A caracterização exata dos materiais empregados será objeto de um próximo trabalho.

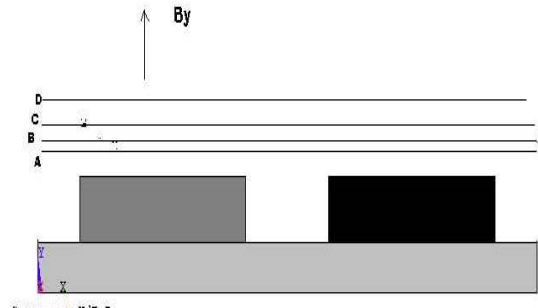
Procedimento semelhante foi adotado para os enrolamentos da armadura, mostrados na Fig.12.

A medida da densidade de fluxo magnético  $B_y$  a uma distância de 5mm sobre a bobina, nos pontos indicados na Fig. 13, fornece os resultados mostrados na Tabela IV. Os valores obtidos nos mesmos pontos com um modelo 3D (Fig. 14), usando simulação por elementos finitos, foram aproximadamente iguais.

**TABELA III**

**Valores de Pico da Densidade de Fluxo Magnético  $B_y$**

	A	B	C	D
$B_y$ pico (T) (calculado-FEM)	0.33	0.29	0.23	0.16
$B_y$ pico (T) (medido)	0.31	0.26	0.19	0.11



A –5mm da superfície do imã permanente;  
B –7mm da superfície do imã permanente;  
C –10mm da superfície do imã permanente;  
D –15mm da superfície do imã permanente.

Fig. 10 - Planos para diferentes camadas de ar

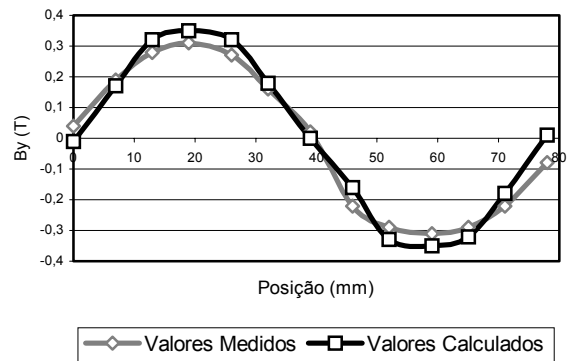


Fig. 11 – Distribuição de  $B_y$  à 5 mm de afastamento



Fig. 12 – Enrolamentos da armadura.

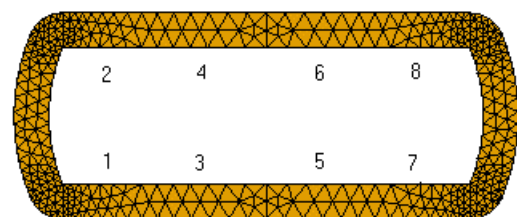


Fig. 13 – Pontos selecionados.

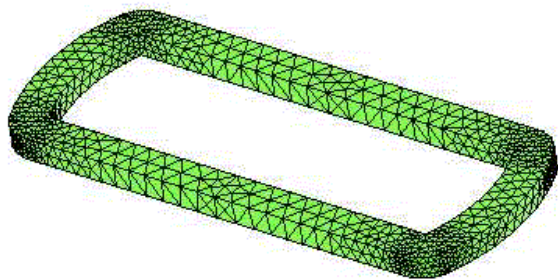


Fig. 14 - Modelo 3-D de uma espira

**TABELA IV**  
**Valores de Densidade de Fluxo Magnético em Pontos Seleccionados.**

	$B_y$ (T) (medido)	$B_y$ (T) (calculado - FEM)
1	0.40	0.47
2	0.42	0.49
3	0.37	0.41
4	0.38	0.43
5	0.41	0.41
6	0.40	0.43
7	0.42	0.47
8	0.40	0.49

2) *Especificações do motor* – Os resultados acima, juntamente com fórmulas clássicas [13], foram usados para investigar diferentes configurações de projeto. As especificações do projeto preliminar do motor síncrono linear estão apresentadas na Tabela V. Duas formas de alimentação da armadura foram consideradas: em um primeiro caso, toda a seção de 6m é alimentada em série, na outra possibilidade, dois módulos de 3m são alimentados em configuração paralela. A força de propulsão estimada em cada caso encontra-se na Fig. 15.

## VI. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Os resultados obtidos com o protótipo (Fig.16) e o acompanhamento dos trabalhos realizados em outros centros mostram que a proposta aqui apresentada é tecnologicamente coerente. A durabilidade dos ímãs e pastilhas supercondutoras apontam para um período superior a 20 anos.

Do ponto de vista da demanda social, o Brasil é carente de transportes de massa de qualidade. Tomando como exemplo o eixo Rio - São Paulo, que concentra aproximadamente um terço da população brasileira e representa a metade do produto nacional bruto, a locomoção de pessoas em 2000 e sua estimativa para o ano 2010 estão resumidas nas Tabelas VI e VII. Como pode ser visto, estima-se um significativo fluxo de 20 milhões de pessoas por ano em 2010.

Economicamente falando, admitindo-se os preços de 15 US\$/kg de ímã de Nd-Fe-B e 2000 US\$/kg de YBCO [14] e considerando-se ainda o consumo de 100kg de ímã por metro de trilho de levitação e 50kg de material

supercondutor para o veículo, a construção de uma linha de 450km ligando o Rio de Janeiro a São Paulo, só com estes materiais, ficaria em:

$450\,000 \times 100 \times 15 = 675$  milhões de US\$ em ímãs e  $2000 \times 50 = 100$  mil US\$ em pastilhas supercondutoras.

Estes valores correspondem a 10% do preço de 15 milhões US\$/km para sistemas MAGLEV, o que é baixo comparado com os custos de sistemas de transporte sobre trilhos [10,15,16,17] de alta velocidade.

Por outro lado, quando se estima a produção mundial de ímãs de Nd-Fe-B em apenas 20000 t/ano e a de YBCO em 0,1 t/ano a proposta parece inviável.

No entanto, considerando-se que a produção de ímãs e de materiais supercondutores deve crescer significativamente neste século, a tendência é que tanto o preço quanto a disponibilidade no mercado sigam uma trajetória favorável para a aplicação desta tecnologia. Além disso, as primeiras linhas podem ser de comprimento menor (~60km), da mesma forma como estão sendo construídos os atuais sistemas Transrapid e HSST (ver Tabela I).

Finalmente, deve-se ressaltar que o Brasil possui toda a matéria prima necessária para esta produção. Assim sendo, este projeto pode representar uma grande mobilização de mão de obra, instalações industriais e capital na realização de uma proposta de transporte

**TABELA V Especificações do LSM**

Número de polos	10
Frequência (Hz)	20
Velocidade síncrona (m/s)	1,56
Distância polar (mm)	39
Camada de ar "airgap" (mm)	5
Largura da ranhura (mm)	10
Largura do dente (mm)	3
Numero de ranhuras/polo/fase	1
Número de espiras	20
Número de fases	3
Resistência de armadura( $\Omega$ /m)	0.85
Reatância síncrona( $\Omega$ /m)	0.07

**TABELA VI**  
**Fluxo de passageiros entre Rio e São Paulo**

	2000	2010	Taxa
Santos Dumont – Congonhas aeroportos domésticos	2 mi.	4 mi.	7%/ano
Galeão – Cumbica aeroportos internacionais	1 mi.	2 mi.	7%/ano
Ônibus	4 mi.	6 mi.	4%/ano
Carros	1,3 mi.	2 mi.	4%/ano

**TABELA VII**  
**Fluxo de passageiros nos arredores de Rio e São Paulo**

	2000	2010	Taxa
Arredores do Rio de Janeiro	1 mi.	2 mi.	7%/ano
Arredores de São Paulo	2 mi.	4 mi.	7%/ano

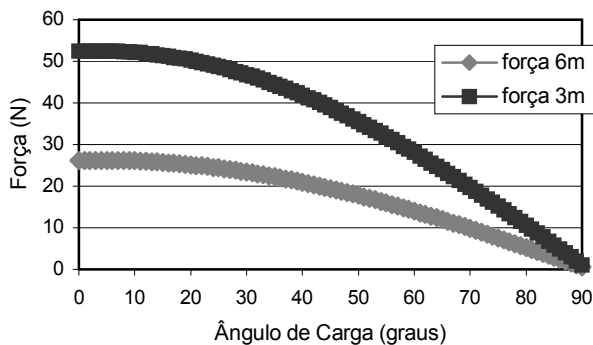


Fig. 15 – Curvas de Força de Propulsão x Ângulo de Carga.

não poluente, rápido, seguro e alimentado fundamentalmente por energia elétrica, que é 90% renovável, oriunda de hidrelétricas no Brasil. No Rio Grande do Sul, já existe uma iniciativa política para a implantação de um sistema de transporte com as características aqui apresentadas (<http://www.caiweb.com.br/trembala>) e tal interesse também existe para a ligação Rio – São Paulo [17].



Fig. 16 Visão geral do protótipo de trem de levitação.

## VII. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os primeiros passos no desenvolvimento de um trem de levitação magnética baseado no princípio de levitação supercondutora SQL. Este protótipo servirá como elemento de convencimento para futuras instalações comerciais.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPERJ e FINEP pelo apoio financeiro. A Sérgio Ferreira, pelo apoio técnico, ao estagiário Wantuil Cabral Emmerick pela dedicação na montagem do protótipo e a Angela Jaconianni pelas ilustrações.

- [1] R. Nicolsky, R.M. Stephan, editors, *Proceedings MAGLEV'2000*, Rio de Janeiro, Brazil, Junho 2000.
- [2] R.M. Stephan, O.J. Machado, I. Forain, R. Andrade Jr., *Experiências de Levitação Magnética, Congresso Brasileiro de Automática-CBA'2002*, Natal, pp. 309-312, 2002.
- [3] J.U. Jeon, T. Higuchi, Induction Motors with Electrostatic Suspension, *Journal of Electrostatics*, v. 45, pp 157-173, 1998.
- [4] A. Yamamoto, H. Yasui, N. Shimizu, T. Higuchi, Development of Electrostatic Levitation Motor for Vacuum Condition, *International Symposium on Industrial Electronics-ISIE*, Rio de Janeiro, CD, 2003.
- [5] M.D. Simon, L.O. Heflinger, A.K. Gein, Diamagnetically Stabilized Magnet Levitation, *Am.J.Phys.*, v.69, n.6, pp. 702-707, 2001.
- [6] P.K. Sinha, *Electromagnetic Suspension*, IEE Control Engineering Series, England., 1987.
- [7] F.C. Moon, *Superconducting Levitation*, John Wiley & Sons, USA, 1994.
- [8] A. Moises Luiz, *Aplicações de Supercondutividade*, Edgar Blücher, 1992.
- [9] J. Wang et al., The First Man-loading High Temperature Superconducting Maglev Test Vehicle in the World, *Physica C*, pp. 809-814, 2002.
- [10] A. Rosenblatt, Riding on Air in Virginia, *IEEE Spectrum*, v.39, n.10, pp. 20-21, 2002.
- [11] A.I. Nabeta, I.E. Chabu, A.B. Dietrich, J.R. Cardoso, Finite element Analysis of a Synchronous Linear Motor, *Proceedings MAGLEV'2000*, Rio de Janeiro, pp. 389-392, 2000.
- [12] ANSYS, *User's Manual*, 2000
- [13] J.F. Gieras, *Linear Synchronous Motors Transportation and Automation Systems*, CRC Press, New York, 2000.
- [14] M. Wu, A Preliminary Feasibility Study of HTS MAGLEV for Transport Application, *International Workshop on HTS MAGLEV – ISMAGLEV'2002*, Chengdu, China, pp 33-36, 2002.
- [15] T.P. Sheahen, *Introduction to High-Temperature Superconductivity*, Plenum Press, New York, 1994.
- [16] General Atomics Report DOT-CA-26-7025-02.1, March 2002.
- [17] Jornal do Brasil, Economia, 'Trem Bala volta à pauta do governo', 23/5/2003.

## DADOS BIOGRÁFICOS

**Richard Magdalena Stephan**, Eng. Eletricista, IME (1976), M.Sc. COPPE/UFRJ (1980), Dr.-Ing. Ruhr Universität Bochum (1986). Atualmente é professor titular da UFRJ. Membro da SOBRAEP, SBA e IEEE. Áreas de interesse: controle e acionamento de máquinas elétricas, aplicações de supercondutores.

**Antônio Carlos Ferreira**, nascido a 29/05/1963 em Muriaé-MG, Eng. Eletricista (1987) e M.Sc. (1991) UFRJ, Ph.D. Cambridge (1996). Atualmente é Professor Adjunto da UFRJ. Membro do IEEE e CIGRÉ. Áreas de interesse: análise e projeto de máquinas elétricas convencionais e não-convencionais.

**Rubens de Andrade Jr.**, nascido a 27/08/62 em Araçatuba- SP, Bacharel em Física (1985), M.Sc.(1989) e D.Sc. (1995) pela UNICAMP. Atualmente professor adjunto do Departamento de Eletrotécnica da UFRJ. Áreas de interesse: aplicação de supercondutores de alta temperatura crítica à sistemas elétricos de potência e simulação de dispositivos supercondutores.

**Luis Guilherme Barbosa Rolim**, nascido em 1966 na cidade de Niterói-RJ. Eng. Eletricista (1989) e M.Sc. (1993) em Engenharia Elétrica pela UFRJ. Dr.-Ing pela Universidade Técnica de Berlim (1997). Desde 1990 é professor adjunto do Departamento de Eletrotécnica da UFRJ, onde conduz pesquisa em eletrônica de potência e acionamentos elétricos.

**Marcelo de Azevedo Neves**, natural do Rio de Janeiro, 17/08/1969. Bacharel em Física pela UERJ (1990). MSc. (1994) e DSc (2000) pelo Instituto de Física da UFRJ. Área de atuação: materiais e dispositivos supercondutores. Treze anos de experiência na produção e caracterização de materiais supercondutores.

**Marcos Antônio Cruz Moreira**, Eng. Eletrônico, UFRJ (1988), M.Sc. COPPE/UFRJ (1992). Atualmente é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos e Doutorando do Programa de Engenharia Elétrica da COPPE / UFRJ.

**Marco Antônio Pereira do Rosário**, nascido no Rio de Janeiro em 13/06/1966. Bacharel em Física pela UFRJ (1994). Especialização em Fibras Óticas COPPE/UFRJ (1999). Experiência: três anos no desenvolvimento de novos materiais no CBPF; cinco anos no desenvolvimento de dispositivos supercondutores no LASUP/UFRJ.

**Ocione José Machado**, nascido em 08/02/1968 no Rio de Janeiro. Técnico CEFET-RJ (1990). Funcionário da UFRJ desde 1989. Graduando de Eng. Elétrica.

**Roberto Nicolsky**, Bacharel em Física pela UFRJ (1964), M.Sc. USP (1981), D.Sc. IF/UFRJ (1991). Criador do LASUP, fundador e diretor-geral da PROTEC (Sociedade Brasileira Pró Inovação Tecnológica), autor de mais de 100 trabalhos técnicos publicados em revistas científicas, congressos e jornais. Professor do IF/UFRJ.