

MagLev-Cobra:

inovação e sustentabilidade em sistemas para transporte urbano

RICHARD MAGDALENA STEPHAN



IF - 14/04/2015



Um exemplo de inovação tecnológica

RESUMO EXECUTIVO

Um veículo para transporte de passageiros, flutuando como um tapete mágico, sem a necessidade de rodas ou de qualquer outra forma de contato com o solo, tornou-se tecnicamente possível com os avanços tecnológicos dos dias de hoje.



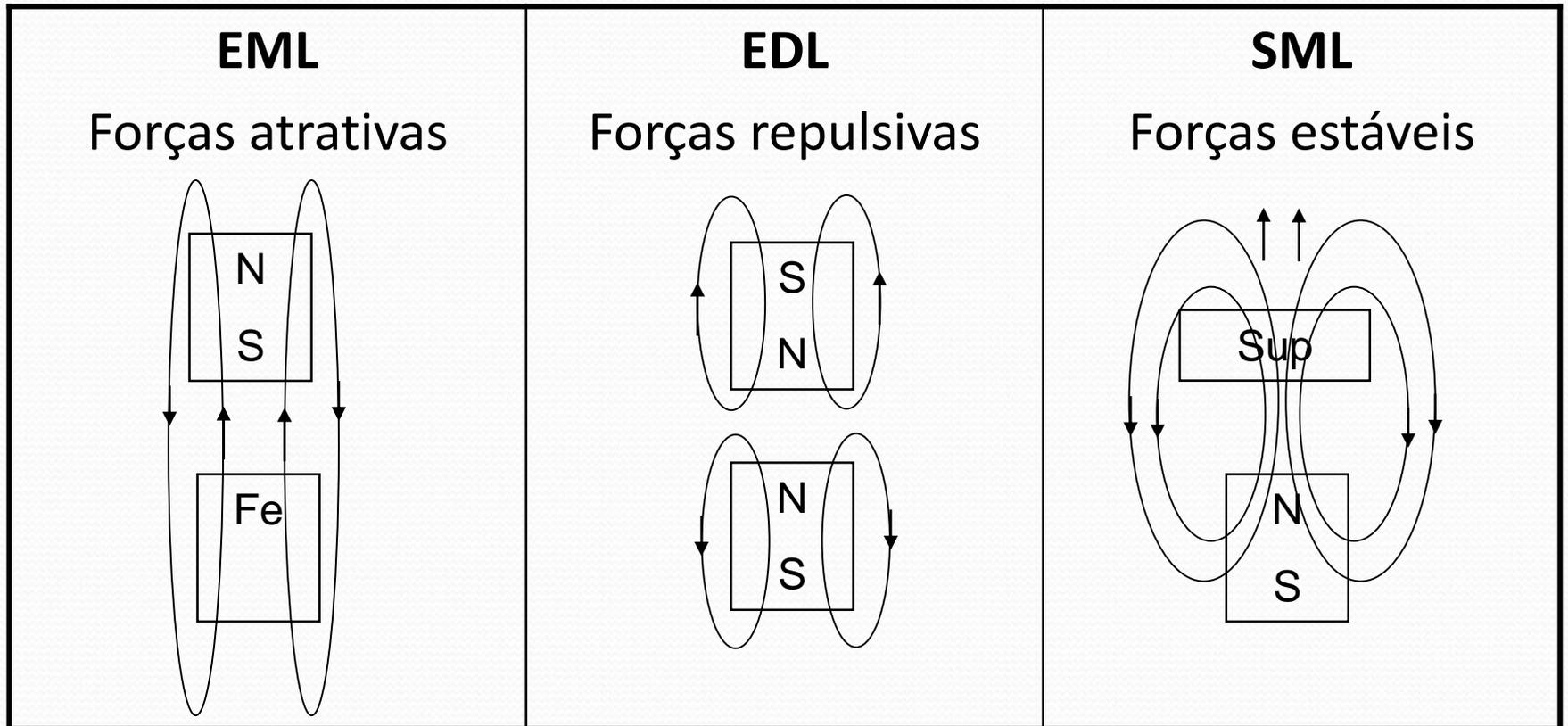
Forças magnéticas, as mesmas que conhecemos brincando com ímãs, permitem vencer a ação da gravidade e promover o fascinante estado de levitação.

Essa palestra objetiva contar a inserção brasileira nessa bela história.

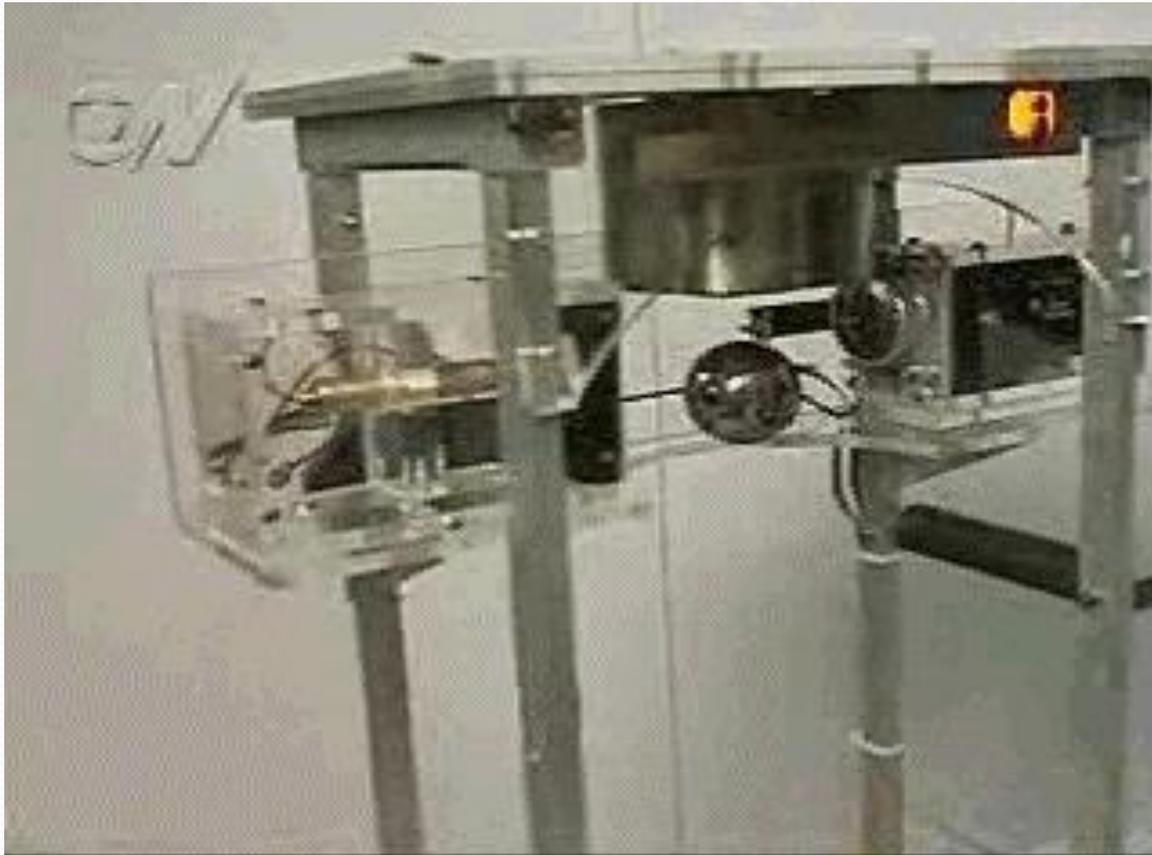
Sumário

1. Forças Magnéticas
2. Posicionamento Histórico
3. Posicionamento Geográfico
 - 3.1 MagLev de Alta Velocidade
 - 3.2 MagLev Urbano (MagLev-Cobra)
4. MagLev-Cobra
5. Desdobramentos (Mancais Magnéticos)
6. Conclusão

1. Forças Magnéticas



EML – Levitação Eletromagnética



EDL – Levitação Eletrodinâmica



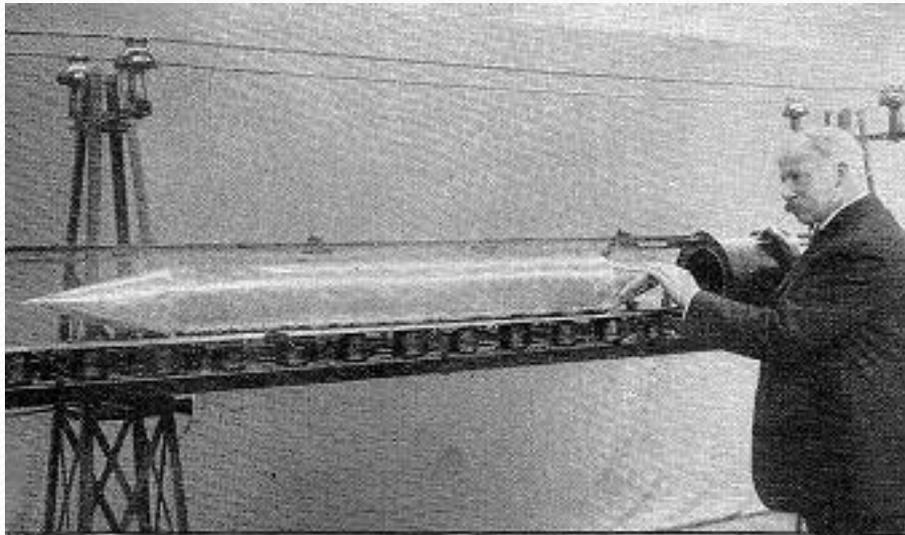
SML – Levitação Supercondutora



Comparação de forças

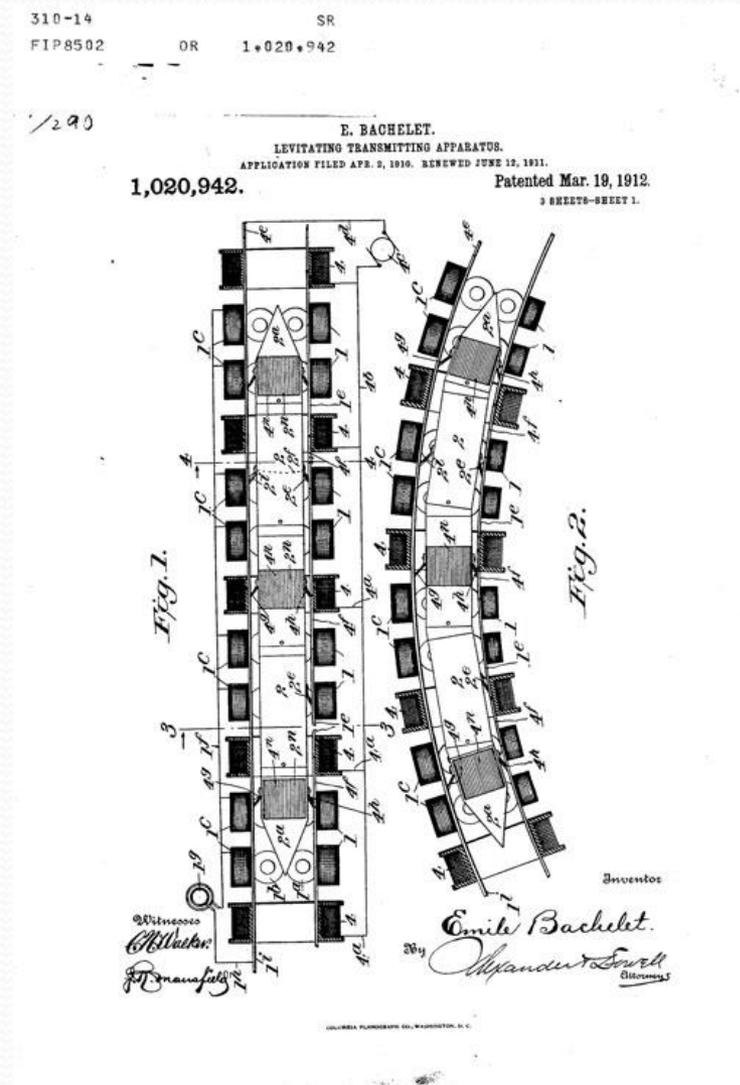
Método de levitação	Pressão (N/cm ²)	'gap' usual (mm)
EML	40	10
EDL	25	100
SML	4	10

2. Posicionamiento Histórico



Der Erfinder läßt den Wagen der Schnellbahn ablaufen.

Emile Bachelet (*1863,+1946)
New York – 1912 - EDL





Hermann Kemper (*1892,+1977)
Germany – 1934 - EML

DEUTSCHES REICH



AUSGEBEN AM
5. APRIL 1937

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT
№ 643316
KLASSE 20k GRUPPE 3
K 136665 11/20k

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 18. März 1937

Dipl.-Ing. Hermann Kemper in Nortrup

Schwebbahn mit räderlosen Fahrzeugen, die an eisernen Fahrtschienen
mittels magnetischer Felder schwebend entlang geführt werden

Patentiert im Deutschen Reiche vom 11. August 1934 ab

Die Erfindung löst die Aufgabe, Körper mit Hilfe elektromagnetischer Kräfte entgegen der Erdschwerkraft in der Schwebelage zu halten. Sie bringt weiter unter Anwendung der gefundenen Lösung die Grundlagen für ein neuartiges Verkehrsmittel, die Schwebebahn. Die Schwebebahn ist eine Schienenbahn für Menschen- und Güterbeförderung, bei der die räderlosen Fahrzeuge eisernen Schienen entlang schwebend geführt werden.

Es ist schon früher versucht worden, die Aufgaben zu lösen, die eine Schwebebahn stellt. Einmal sollten bei den bisher bekannten Anordnungen dazu die abstoßenden Kräfte dienen, die zwischen einem Elektromagnet und elektrischen Leitern auftreten, wenn das Feld des Magnets Änderungen unterworfen wird und dann Ströme in den Leitern erregt. Zum anderenmal sollten, genau wie bei der Erfindung, die magnetischen Zugkräfte zwischen Elektromagneten und eisernen Schienen benutzt werden. Die zum Schweben erforderliche Stromregelung sollte bei der letztgenannten bekannten Anordnung erreicht werden durch Vorrichtungen, die, beeinflusst vom Abstand zwischen Fahrzeug und Schiene, mechanisch die Stärke des die Elektromagneten durchfließenden Stromes verändern. Es ist nicht bekanntgeworden, daß eine Verwirklichung der älteren Erfindungsgedanken auch nur in Versuchen gelungen ist, geschweige denn daß eine Beförderungseinrichtung auf Grund derselben je ausgeführt worden wäre.

Es erscheint dies auch kaum möglich. Der Lösungsversuch, durch Erzeugung magnetisch abstoßender Kräfte größere Fahrzeuge im Schweben zu erhalten, muß an dem dafür erforderlichen Aufwand scheitern; dieser ist der Natur der Dinge entsprechend um ein Mehrfaches größer als bei Verwendung magnetisch anziehender Kräfte. Verwendet man hingegen letztere, so erscheint der Gedanke undurchführbar, eine geeignete Stromregelung durch mechanische Vorrichtungen zu erreichen, weil sich hierfür kaum praktisch brauchbare Formen entwickeln lassen dürften, die gleichzeitig eine ausreichende Regelgeschwindigkeit aufweisen. Die Beherrschung der Geschwindigkeit für die Stromregelung ist einwandfrei nur möglich unter Verwendung der erst nach der Zeit der älteren Erfindungen zur Ausbildung gelangten Mittel der Elektronentechnik.

Körper mit elektromagnetischen Kräften schwebend aufzuhängen, ist trotz des bisherigen Standes der Technik eine in den Kreisen der Technik und der Öffentlichkeit ganz unbeachtete Aufgabe geblieben. Sie wird hier neu aufgegriffen. Im vorliegenden Patent und den späteren Zusatzfindungen werden die Mittel und Wege zu ihrer befriedigenden Lösung und fruchtbringenden Verwertung aufgereicht.

Die Erfindung geht, um zu einer Stromsteuerung zu kommen, die das Schweben einwandfrei ermöglicht, von Regelorganen, Abstandssteuerorganen, eigener Art aus. Die Ab-

Disponibilidade tecnológica

- 1947 – invenção do transistor (micro eletrônica)
- 1953 – tiristor (eletrônica de potência)

Possibilidade de implantar as técnicas EML e EDL

1956

1972

John Bardeen,
William Shockley
Walter Brattain
no Bell Labs, 1948



Disponibilidade tecnológica

- 1947 – invenção do transistor (micro eletrônica)
- 1953 – tiristor (eletrônica de potência)

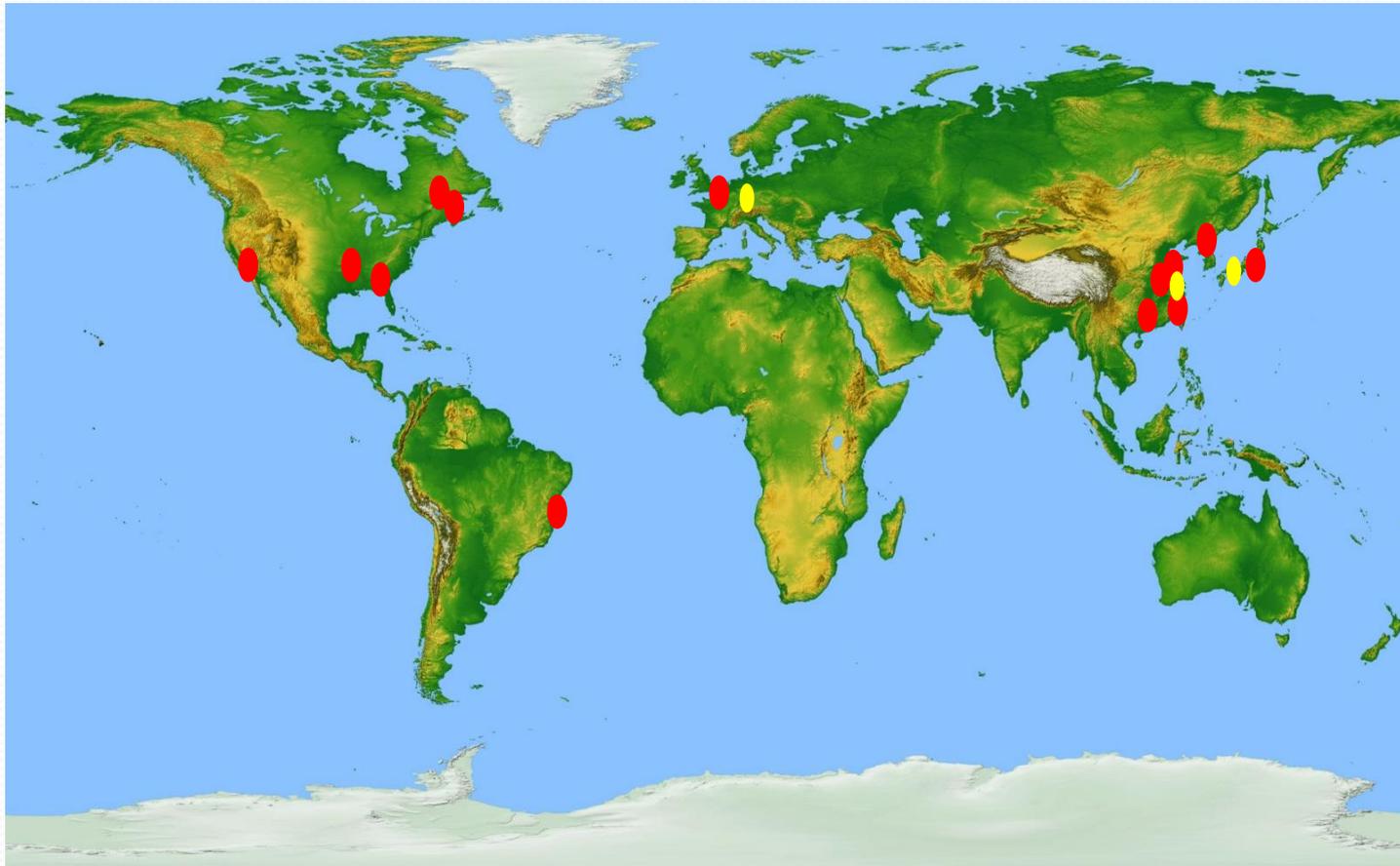
Possibilidade de implantar as técnicas EML e EDL

- 1983 – ímãs de terras raras
- 1987 – supercondutores de elevada temperatura crítica

Possibilidade de implantar a técnica SML

3. Posicionamento Geográfico

MagLev no mundo



	TAV	URB
DE	1	1
JP	1	1
USA	-	5
CH	1	4
KO	-	1
BR	-	1

3.1 MagLev de Alta Velocidade

Alemanha	Transrapid	- Linha de teste em Emsland - <i>Linha comercial em Shanghai</i>	EML	LSM
Japão	JR-MagLev	Linha de teste em Yamanashi	EDL	LSM

Transrapid – EML – forças atrativas



Linha de teste em Emsland (30 km)- Alemanha

<http://www.transrapid.de>

Linha operacional em Shanghai – China

30 km, desde 2003



JR MagLev – EDL - Forças repulsivas



Linha de teste em Yamanashi (18,4km) – Japão
Record de velocidade 581 km/h em 2003.
Expansão em 2013 (42,8km)
Operação comercial Tokyo-Nagoya em 2027
Operação comercial Tokyo-Osaka em 2045

3.2 MagLev Urbano

USA (FTA 2005 funding)	AMT(MagLeft)	EML	LIM	Geórgia - ODU (1km)
	GA ⁽¹⁾	EDL-PM	LSM	Califórnia (500m)
	Maglev 2000 ⁽²⁾	EDL-sup	LSM	Flórida
	MagneMotion ⁽³⁾	EML-PM	LSM	MA (30m)
	Mag Plane ⁽⁴⁾	EDL-PM	LSM	Massachusetts (MA)
Japan	<i>HSST-Linimo</i>	EML	LIM	<i>Nagoya (9km)</i>
China	estatal	EML	LIM	Shanghai (1,7km)
	estatal	EML	LIM	Tangshan (1,5km)
	estatal	EML	LIM	Zhuzhou (1,5km)
	Jiaotong Uni.	SML	LIM	Chengdu (7m)
Korea	<i>KIMM & KRRRI</i>	EML	LIM	<i>Incheon Airport (6,1km)</i>
Germany	IFW	SML	LIM	Dresden (30m)
Brasil	UFRJ-COPPE	SML	LIM	Rio (200m)

líder do projeto: (1) Gurol; (2) Powell & Danby; (3) Thornton; (4) Montgomery

LIM- Linear Induction Motor; LSM-Linear Synchronous Motor

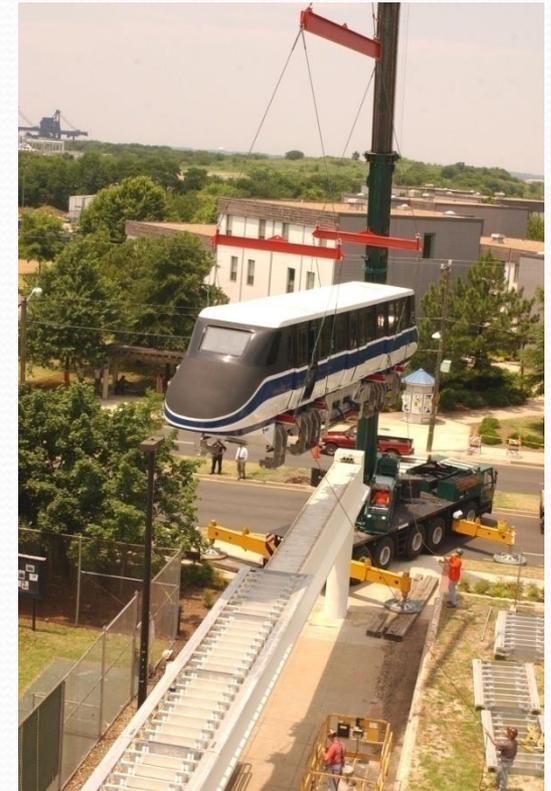
PM – Permanent Magnet; sup – superconductor

EML, EDL, SML – levitation method

AMT - USA

American Maglev Technology
Powder Springs/ Georgia

<http://american-maglev.com>



Mag Left – Old Dominion Univ.
(Virginia)

MagneMotion M3

Boston / Massachusetts

<http://www.magnemotion.com>



Fig. 9.1. Photograph of prototype vehicle and guideway.

GA -USA

General Atomics
San Diego / California



<http://atg.ga.com/EM/transportation/urban-maglev/index.php>

HSST – Linimo

<http://hsst.jp>

First commercial application of maglev transit system in Japan, connects Fujigaoka station of subway line and Yakusa station of Aichi Loop Line. Its length is 8.9km.



China – MagLev Urbano



Beijing (Tangshan) Urban Maglev



Hunan Urban Maglev



Shanghai Urban MagLev





우리나라 자기부상열차 역사

History of Magnetically Levitated Vehicle in Korea

:: 자기부상열차

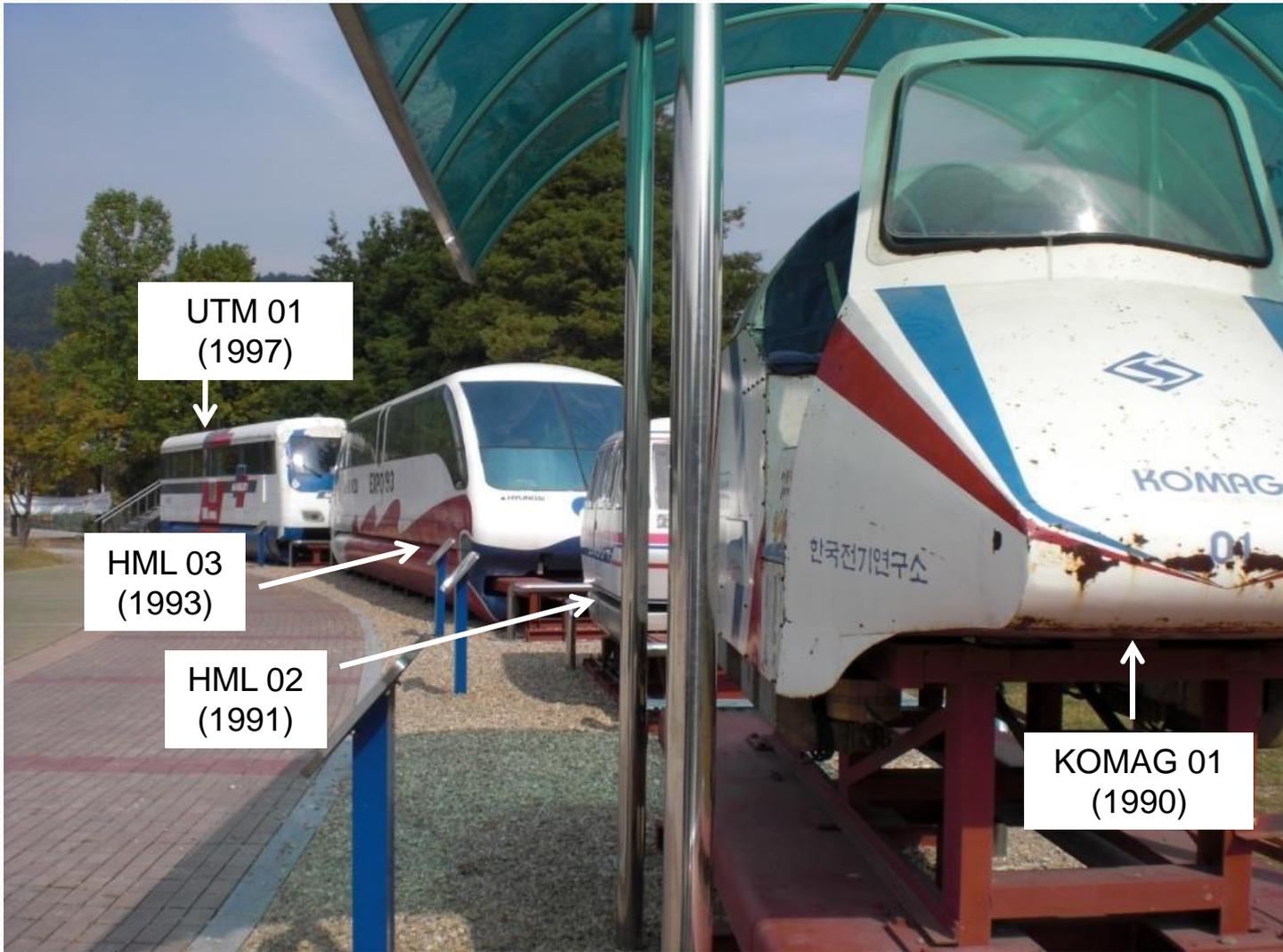
바퀴 없이 공중에 떠서 달리는 신교통 수단
자기부상열차는 자석을 이용하여 공중에 떠서 달리는 열차로, 바퀴가 없는 것이 특징이다.

환경 친화적인 교통수단
공중에 떠서 달리기 때문에 진동과 소음이 적어 도시 교통수단으로 적합하다.

우리나라는 세계 세번째로 자기부상열차를 개발하여, 현재 국립중앙과학관에서 최첨단 자기부상열차를 운영하고 있다.

:: 자기부상열차 개발 역사

연도	개발 내용
1989년 7월	현대로템 HML-01 열차 개발
1990년 12월	한국기계연구원 KIMM-01 열차 개발 한국전기연구원 KOMAG-01 열차 개발 (과학관 전시)
1991년 1월	현대로템 HML-02 열차 개발 (과학관 전시)
1992년 12월	대우중공업 DMV-92 열차 개발
1993년 1월	현대로템 HML-03 열차 개발 (과학관 전시) 대전 EXPO 행사기간 동안 운행 (12만명 수송)
1997년 8월	한국기계연구원/현대로템 UTM-01 열차 개발 (과학관 전시)
2005년 5월	한국기계연구원/현대로템 UTM-02 열차 개발 현재 국립중앙과학관~엑스포공원(995m) 운행 중



UTM 01
(1997)

HML 03
(1993)

HML 02
(1991)

KOMAG 01
(1990)

KIMM MagLev – Incheon Airport - 2014



Chengdu

Dresden

<http://www.asclab.cn/>



<http://www.ifw-dresden.de>

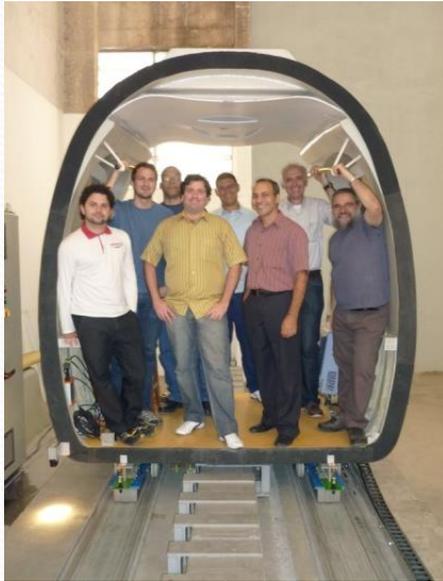
<http://www.evico.de>





Comparando

MagLev urbano x MagLev TAV



0,2 kW/t



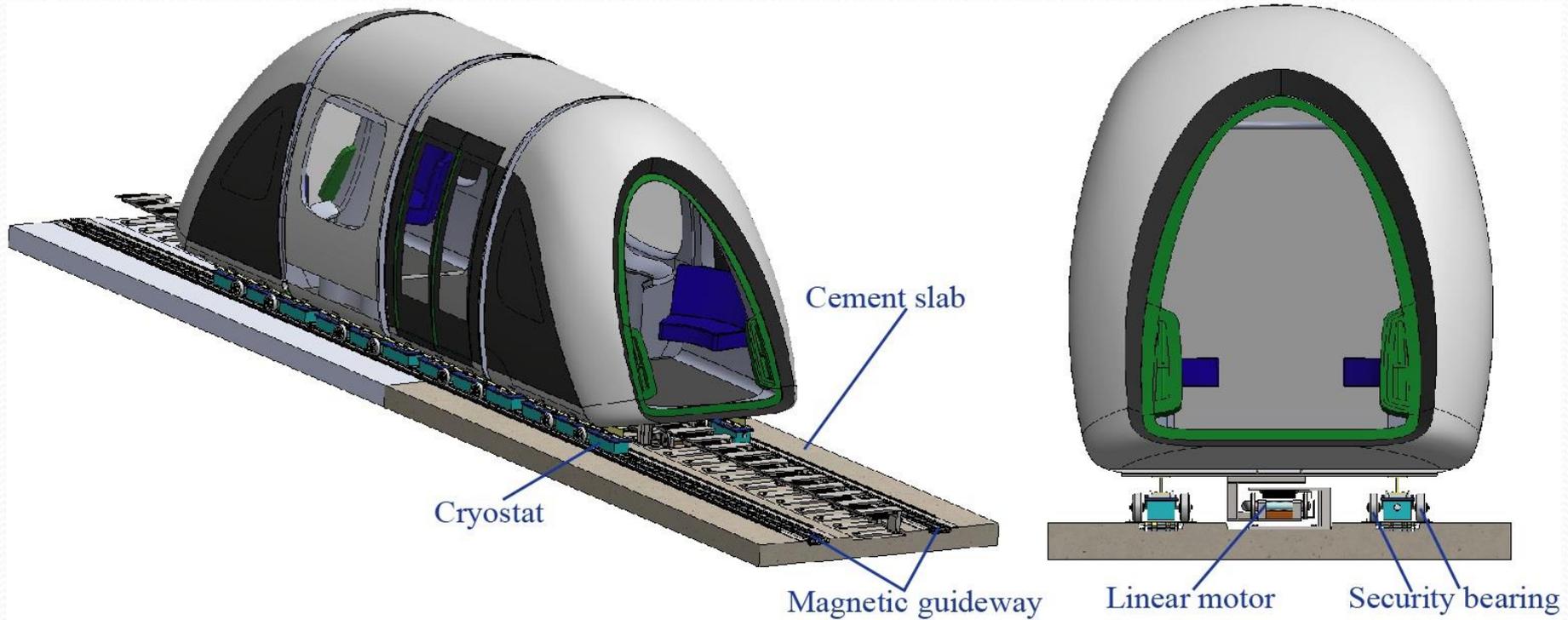
2,0 kW/t EML
20,0 kW/t EDL

VELOCIDADE	TRAÇÃO	LEVITAÇÃO		
		SML	EML	EDL
70 km/h	150 kW	~0 kW	500 kW	5.000 kW
450 km/h	10.500 kW	~0 kW	500 kW	5.000 kW

MagLev x Roda-Trilho

Característica	MagLev	Roda-Trilho
Custo do material rodante/levitante		
Custo e tempo de execução das obras de construção civil		
Tempo de viagem / paradas		
Custo operacional: manutenção, combustível		
Impacto ambiental: ruído audível, emissão de CO ₂		

4. MagLev-Cobra



Resumo Gráfico



Supercondutores refrigerados com LN2 no interior de criostatos



linha de imãs

Pulando no criostato !!!



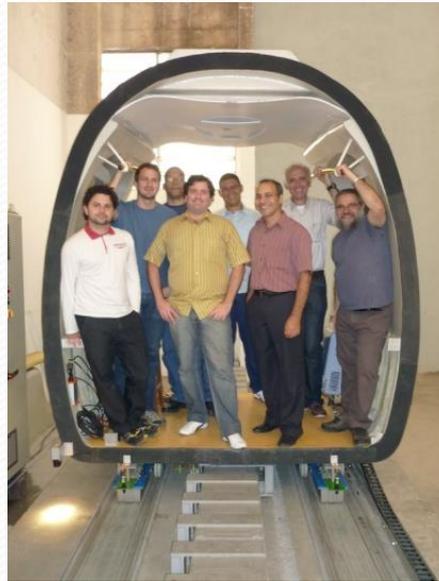
As fases do projeto MagLev-Cobra

Prova de conceito → Protótipo funcional → Protótipo operacional → Industrialização

2000-2006
CNPq-FAPERJ



2008-2012
FAPERJ



2012-2015
BNDES



2016-

Linha de teste



A ilha da UFRJ

Linha de teste
(200 metros)



COPPE 50
UFRJ

LA SUP
LABORATÓRIO DE APLICAÇÕES EM SUPERCONDUTORES
ESCOLA POLITÉCNICA - UFRJ

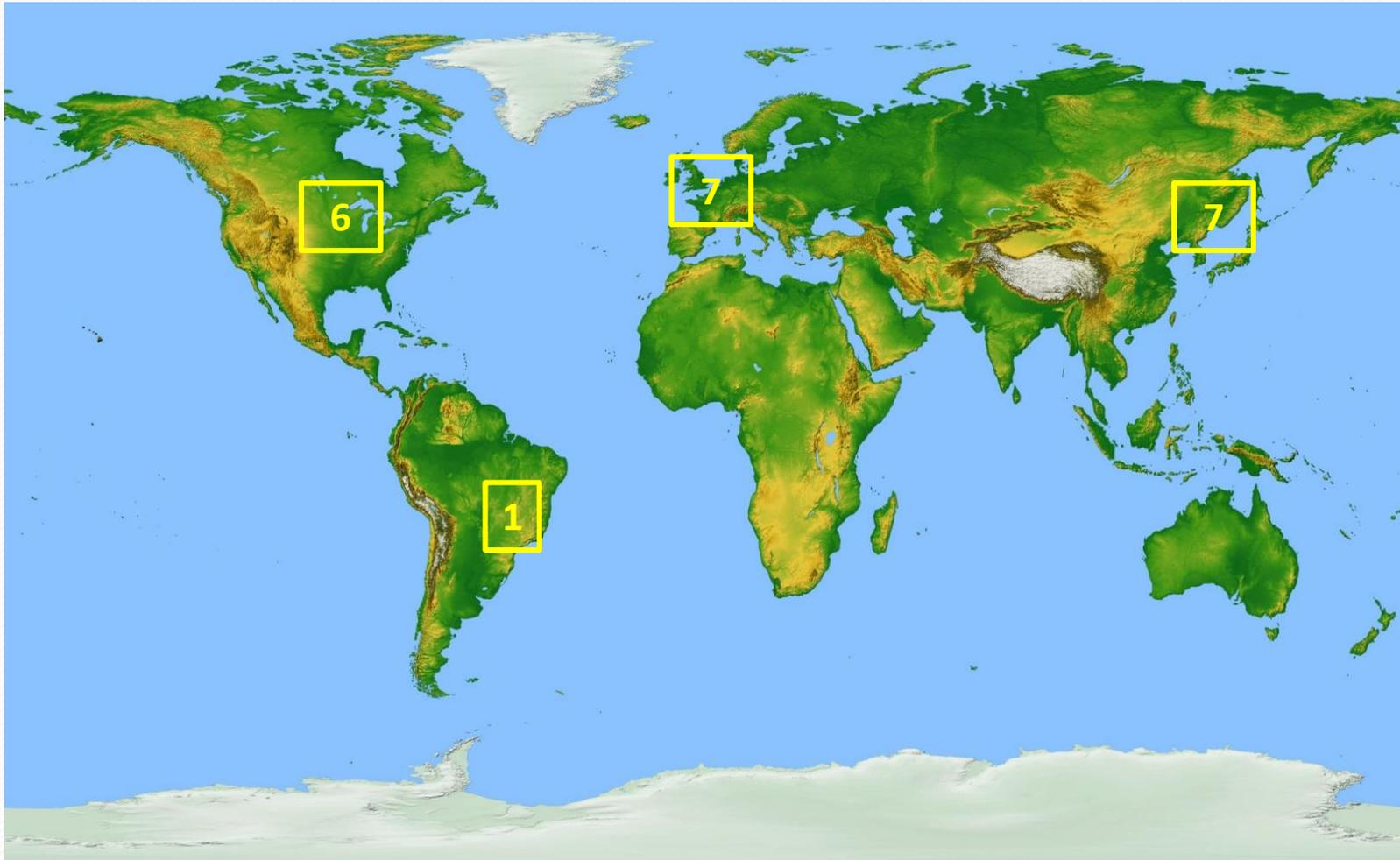
MAGLEV 2014



The 22nd International Conference on Magnetically
Levitated Systems and Linear Drives

28th September to 1st October 2014 ■ Rio de Janeiro ■ Brazil

Conferências por continente



01/10/2014



01/10/2014



Jornal Nacional

01/10/2014

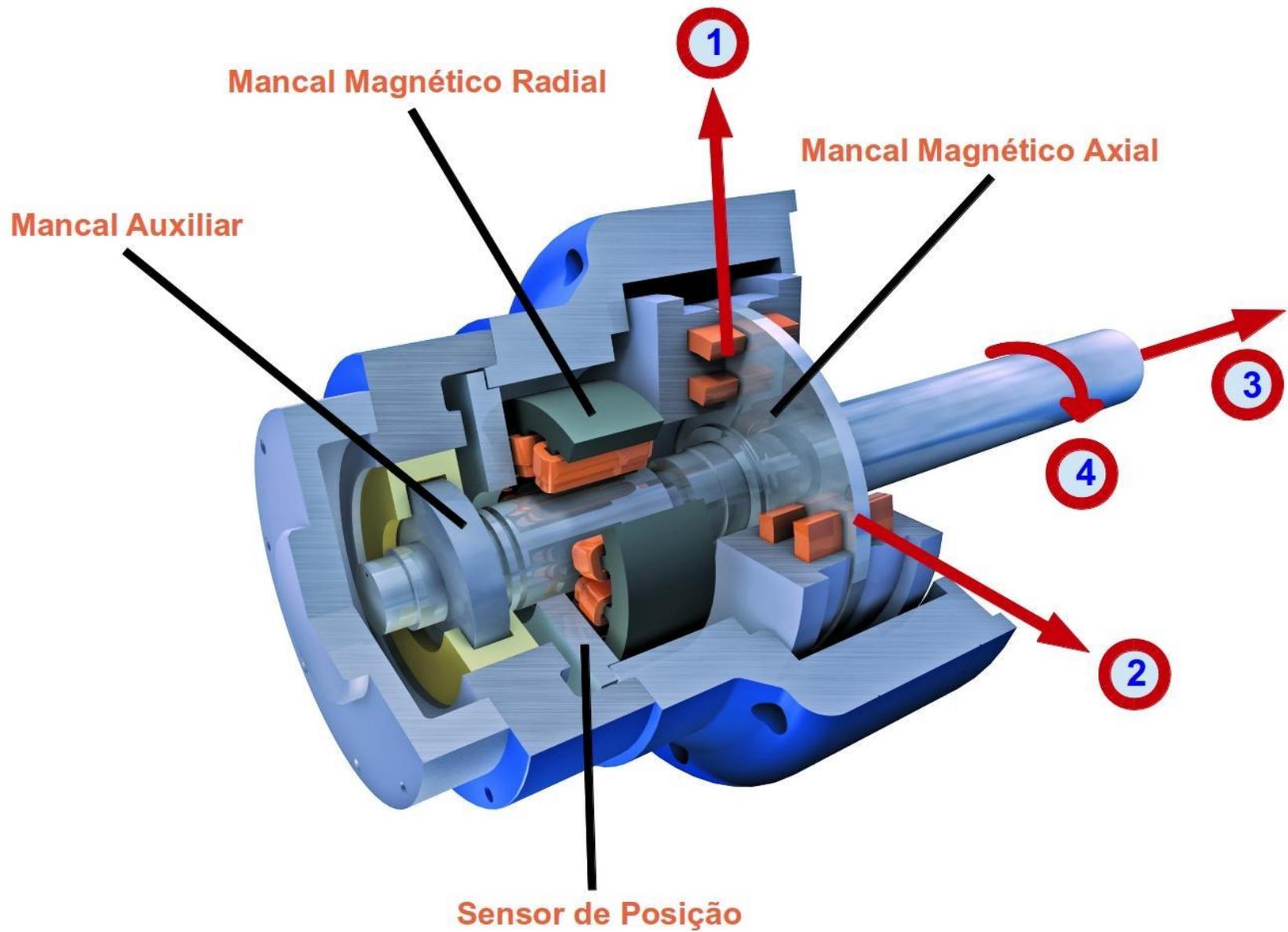
01/10/2014

O nascimento de um pré-maturo !

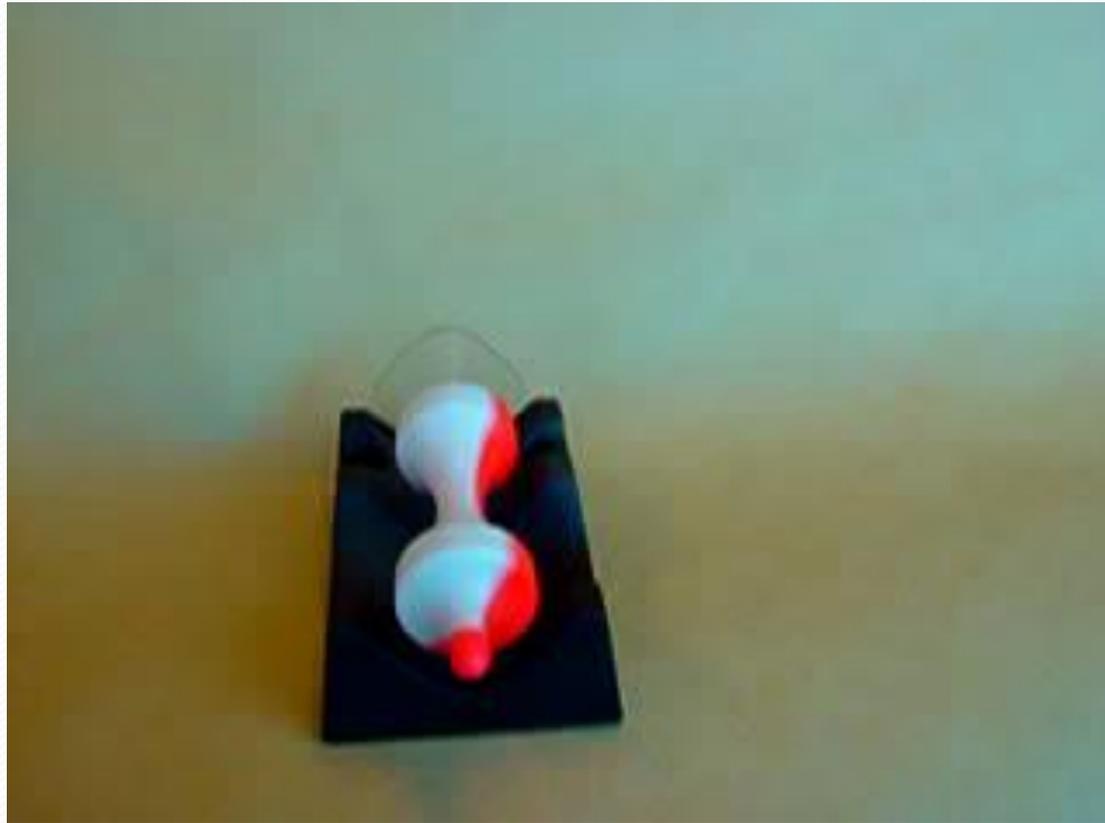


5. Desdobramentos:

1. Fabricação de ímãs de terras raras com grande impacto na indústria eletro/mecânica (motores, compressores, ...)
2. Fabricação de supercondutores com grande impacto no setor elétrico (trafos, geradores, limitadores, cabos, ...)
3. Fabricação de conversores de potência (interesse da WEG)
4. Fabricação de vagões leves (eventual interesse da EMBRAER)
5. **Mancais Magnéticos** (flywheel, ultracentrífugas, ...)



Mancal Magnético



COPPE
UFRJ



1st Brazilian Workshop on Magnetic Bearings

October, 25 and 26, 2013

Rio de Janeiro ■ Brasil



Conferências ISMB

1	1988	Zürich, Suiça
2	1990	Tokio, Japão
3	1992	Virginia, USA
4	1994	Zürich, Suiça
5	1996	Kanazawa, Japão
6	1998	Massachusetts, USA
7	2000	Zürich, Suiça
8	2002	Mito, Japão
9	2004	Lexington, USA
10	2006	Martigny, Suiça
11	2008	Nara, Japão
12	2010	Wuhan, China
13	2012	Virginia, USA
14	2014	Linz, Áustria
15	2016	Kitakyushu, Japão
16	2018	Beijin, China
17	2020	Rio de Janeiro, Brasil

5. Desdobramentos:

1. Fabricação de ímãs de terras raras com grande impacto na indústria eletro/mecânica (motores, compressores, ...)
2. Fabricação de supercondutores com grande impacto no setor elétrico (trafos, geradores, limitadores, cabos, ...)
3. Fabricação de conversores de potência (interesse da WEG)
4. Fabricação de vagões leves (eventual interesse da EMBRAER)
5. **Mancais Magnéticos** (flywheel, ultracentrífugas, ...)
6. Tração linear com variada aplicação industrial
7. Estabelecimento de novos padrões arquitetônicos e de transporte para as cidades
8. Projeto catalizador de novos talentos para a carente área de tecnologia e ciência

6. Conclusão

MagLev-Cobra = Proposta Sustentável

- Projeto de baixo impacto ecológico

Baixo consumo de energia

Baixo ruído audível

Pequeno impacto de construção civil

- Projeto vantajosamente econômico

Mais barato para a implantação do que o metrô

Custos operacionais e de manutenção menores

- Projeto de grande alcance social

Contribui para a mobilidade urbana de qualidade

Favorece o desenvolvimento tecnológico brasileiro



Financiamento Proj. Básico



Tubos Metálicos das Vias e Estações



Tintas para Pintura dos Tubos e Veículo



Financiamento Execução

SÓCIOS MAGLEV - COBRA



Equipamentos de Eletrônica de Potência



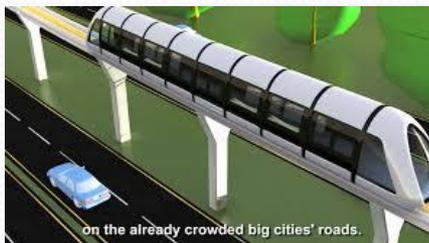
Sistema de Nitrogênio Líquido



Design do MAGLEV-COBRA



Financiamento nacionalização



Execução do Projeto Estrutural

invepar



Construção Civil



Construção do MAGLEV-COBRA



Montagens Eletromecânicas e Eletrônicas



Projeto e Construção do Motor Linear

Roberto Nicolsky

Diretoria da COPPE

Reitor Carlos Levi

Rubens de Andrade Jr.

Ocione José Machado

Aurora Gabriel Fabiana

Eduardo Batista

Diretoria do CT

Marcos Cruz Moreira

A.C. Ferreira

André Barbosa Sérgio Santos

Felipe Costa

PET

Fernanda Metello Jane Ribeiro

Erick Edeval

André Luiz

Antônio Pastori Angela Jaconianni

Dimi Genésio

POLI

Marcelo Sucena Luiza Lobo

Vina Guedes

Eduardo Motta

Patricia Coimbra

Carlos Ribeiro

Ricardo Pereira

Álvaro Guimarães

Doutorandos

Estagiários

Dominique Ribeiro

Rogério Valle

Guilherme Sotelo

Mestrandos

IC's

Daniel Dias

Graduandos

Elkin Rodrigues



“MagLev trains are not just ordinary trains but wings that help mankind take another leap forward in the future”
(KIMM – Center for Urban MagLev Program)

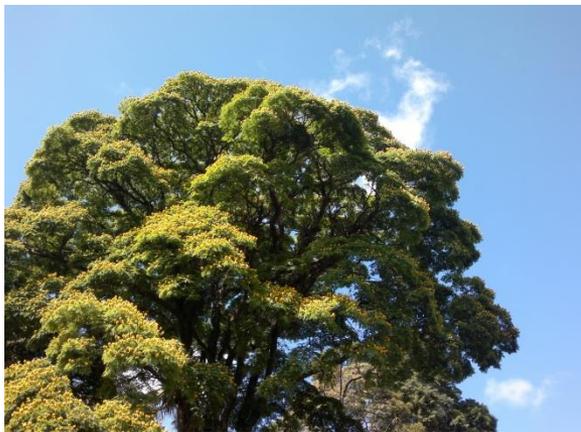
Trens MagLev não são apenas trens convencionais, porém asas que ajudam a humanidade a dar mais um salto avante em direção ao futuro.

Agradeço a atenção!!!

RICHARD **MAGDALENA** STEPHAN

fotosdahora.com.br





fotosdahora.com.br



Afinal, somos águia ou galinha ?



Leitura para aprofundamento:

1. <http://magnetbahnforum.de/> The International MagLevboard e.V.
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Maglev>
3. J. Livingston, *Rising Force*, Harvard University Press, 2011
4. R.Schach, P.Jehle, R.Naumann, *Transrapid und Rad-Schiene-Hochgeschwindigkeitsbahn*, Springer, 2006
5. R.Rhodes, B.Mulhall, *Magnetic Levitation for Rail Transportation*, Clarendon Press Oxford, 1981
6. Sotelo, G G, Stephan, R. M., Branco, P. J. C., de Andrade Jr., R. A *Didatic Comparison of Magnetic Forces. International Journal of Electrical Engineering Education.* , v.48, p.117 - 129, 2011.
7. Valle, R.; Neves, F., de Andrade Jr., R., Stephan, R. M. *Electromagnetic Levitation of a Disc. IEEE Transactions on Education*, p.1 - 8, 2011.
8. *Artigo na Vehicular Magazine.*