

## Modelo para gestão ambiental de sistemas de transporte urbano por levitação magnética com aplicação da teoria fuzzy

[Model for environmental management of urban transportation systems of magnetic levitation with application of fuzzy theory]

Marcelo Prado Sucena\*, Richard Magdalena Stephan

*Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brazil*

Submitted 9 Jan 2012; received in revised form 3 Feb 2012; accepted 5 Feb 2012

---

### Resumo

Objetiva-se com este trabalho, analisar, sob os princípios da sustentabilidade, os aspectos ambientais associados a sistemas para transporte urbano por levitação magnética, especificamente o MagLev-Cobra. Com base nesta análise, propor-se-á um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para gerenciamento de indicadores previamente identificados para a fase operacional do sistema, que redundarão em um indicador único denominado Indicador de Sustentabilidade Sistêmica (ISS), que representará a condição ambiental do sistema no tempo. Tal ISS foi desenvolvido com o uso da Teoria Fuzzy que permite agregar variáveis qualitativas, quantitativas, lineares e não-lineares, com universos de discurso diferentes, em um mesmo modelo.

*Palavras-Chave: levitação magnética; MagLev-Cobra; fuzzy; sistema de gestão ambiental; sustentabilidade.*

### Abstract

The objective this study is, analyze, under the principles of sustainability, environmental issues associated with urban transport systems by magnetic levitation, specifically the MagLev-Cobra. Based on this analysis, it will propose an Environmental Management System (EMS) for managing previously identified indicators for the operational phase of the system, which will develop into a single indicator called Systemic Sustainability Indicator (SSI), which represent the condition system's environmental in time. This SSI was developed using the Fuzzy Theory that allows adding variables qualitative, quantitative, linear and nonlinear, with different universes of discourse, in the same model.

*Key words: magnetic levitation; MagLev-Cobra; fuzzy; environmental management; sustainability.*

\* Email: marcelosucena@gmail.com.

---

### Recommended Citation

Sucena, M. P. e Stephan, R. M. (2012) Modelo para gestão ambiental de sistemas de transporte urbano por levitação magnética com aplicação da teoria fuzzy. Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 3, pp. 152-179.

---

■ JTL|RELIT is a fully electronic, peer-reviewed, open access, international journal focused on emerging transport markets and published by BPTS - Brazilian Transport Planning Society. Website [www.transport-literature.org](http://www.transport-literature.org). ISSN 2238-1031.

This paper is downloadable at [www.transport-literature.org/open-access](http://www.transport-literature.org/open-access).

## 1. Introdução

As sociedades contemporâneas vêm sendo transformadas pelo aumento das relações mercantis entre os vários povos. Esse fenômeno é acompanhado por acelerado desenvolvimento tecnológico, imposto pela necessidade de redução de custos e aumento do nível de serviço, devido, principalmente, à mudança da consciência do consumidor quanto à sua importância no desenvolvimento desta sociedade.

Associado a isso, há uma necessidade cada vez maior de se usar recursos naturais como insumos para o desenvolvimento da sociedade, ocasionando maiores e mais graves impactos ao meio ambiente e, com isso, uma deterioração, em última instância, na qualidade de vida. Esse impacto decorre dessa transformação e deve ser analisado no contexto socioeconômico, político e cultural, em que a modificação se insere, pois estes estão intimamente relacionados. Esta visão destaca a necessidade da sociedade se desenvolver, mas associada aos preceitos da defesa do ambiente que nos cerca, ou seja, de forma sustentável.

Segundo Newman *et al.* (1999) *apud* Ribeiro (2001), o conceito de sustentabilidade agrega as maiores necessidades da atualidade como o desenvolvimento econômico, a proteção ao meio ambiente (a sociedade depende dele para continuar a se desenvolver) e, por fim, a equidade social. A definição reconhecida internacionalmente para Desenvolvimento Sustentável é a que foi apresentada no relatório Brundtland como sendo: “o desenvolvimento que preenche as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (CMAD, 1988), a qual tem sido largamente utilizada por leigos e especialistas pelo mundo inteiro.

Por esses aspectos, nota-se atualmente que é fundamental gerir sistemas produtivos ou de prestação de serviços adequados aos preceitos da sustentabilidade, considerando-se, com isso, os vários aspectos envolvidos, tais como os inerentes à produção do bem ou serviço e ao meio ambiente, o qual, de certa forma, sempre interage, provocando e sendo provocado quanto às suas características intrínsecas.

Para FIESP (2007) uma das formas mais eficientes para se planejar, organizar e praticar as ações ambientais das organizações, integrando-se a outros elementos de gestão empresarial

para que se alcancem objetivos ambientais e também econômicos, é o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que corresponde a uma das partes da NBR ISO 14000, que é um conjunto de normas ambientais, de caráter voluntário e de âmbito internacional, que possibilita a obtenção da certificação ambiental.

Neste sentido, inserir o setor de transportes com um sistema produtivo e de prestação de serviço, no contexto do desenvolvimento sustentável, é essencial devido à enorme relevância que o mesmo possui para a sociedade.

O Transporte é considerado como “atividade-meio”, fundamental para integração, ordenação e desenvolvimento das cidades, devido, principalmente a sua importância, não somente quanto ao aspecto intrínseco de movimentar pessoas e cargas, mas como um dos principais coadjuvantes para o desenvolvimento econômico dos países, sobretudo daqueles em fase de desenvolvimento.

Mattos (2001) cita que o transporte tem uma participação que varia entre 3% e 5% do Produto Interno Bruto (PIB) de um país. Segundo Lima (2006), o custo logístico brasileiro participa com 17% do PIB e os transportes, na formação deste custo, participa com 60% do total, principalmente para produtos de baixo valor agregado.

Porém, o transporte também é responsável por efeitos adversos relacionados ao grande consumo de energia, de recursos financeiros e de bens materiais, que contribuem para o esgotamento de recursos naturais e para o agravamento da poluição do meio ambiente. Segundo estimativas da Comunidade Européia, apresentadas em CNT – COPPEAD (2002), os custos totais dos transportes de carga e de passageiros, considerando somente acidentes, poluição do ar, mudanças climáticas, ruído e congestionamentos, chegam a 9,7% do PIB dos países membros. Além disso, Mattos (2001) cita que, nos últimos 20 anos, o setor de transportes apresentou um crescimento de aproximadamente de 2,7% no consumo global de energia.

Além disso, quando o serviço público de transporte urbano não for planejado adequadamente, suas atividades provocam impactos negativos (Paes, 2006), destacando-se, entre estes: congestionamentos, acidentes de trânsito, altos custos operacionais - no âmbito econômico; problemas na mobilidade, na saúde e na qualidade de vida - no âmbito social e poluições do

ar, da água e do solo, assim como a sonora e a visual – no âmbito físico. Maiores informações sobre o transporte urbano e interurbano e suas interações com a sociedade podem ser obtidas em Ramis *et al.* (2012), Cocco *et al.* (2011), Paiva (2011), Molina *et al.* (2002), Vasconcelos (2001), Santos *et al.* (2000), Vasconcelos (2000).

Blana (2003) ressalta que o peso da política de transporte vai cada vez mais cair sobre a gestão da procura por novas opções tecnológicas de transporte do que propriamente na oferta de novas infraestruturas. Ele destaca ainda que todas estas mudanças visam substituir a “velha” lógica da expansão pela “nova” lógica de “gestão e integração”

É neste contexto que a tecnologia de trens de levitação magnética (MagLev) se insere, pois vem demonstrando ser uma alternativa de grande valia em substituição aos transportes de massa atuais. Hoje em dia pode ser utilizada para trajetos urbanos a velocidades médias (inferiores a 100 km/h), mas o maior interesse recai sobre os sistemas MagLev de alta velocidade, que podem proporcionar velocidades superiores a 500 km/h quando os problemas tecnológicos estiverem resolvidos, agregando segurança, redução dos impactos ambientais e dos custos de manutenção.

Evidencia-se, então, a importância de se estudar os aspectos ambientais envolvidos na operação de um sistema de transporte urbano que utilize o magnetismo como principal linha tecnológica, mesmo sabendo-se que não há emissão de gases de efeito estufa durante a sua operação, não se produzem ruídos nem vibrações e se racionaliza o uso da Infraestrutura urbana existente.

Sendo assim, objetiva-se com este trabalho, analisar, sob os princípios da sustentabilidade, os aspectos ambientais associados a sistemas para transporte urbano por levitação magnética, especificamente o MagLev-Cobra, em desenvolvimento no Laboratório de Aplicações de Supercondutores (LASUP) da COPPE/UFRJ. Com base nesta análise, propor-se-á um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para gerenciamento de indicadores previamente identificados para a fase operacional do sistema, que redundarão em um indicador único denominado neste trabalho de Indicador de Sustentabilidade Sistêmica (ISS), que representará a condição ambiental do sistema no tempo. Tal ISS foi desenvolvido com o uso da Teoria *Fuzzy* que permite agregar variáveis qualitativas, quantitativas, lineares e não-lineares, com universos de discurso diferentes, em um mesmo modelo.

Para subsidiar o desenvolvimento do trabalho e para se atingir os objetivos, na seção seguinte será descrito, de forma simplificada, o sistema MagLev-Cobra. Na Seção 3 são efetuadas considerações sobre os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), bem como as aplicações em transporte. A Seção 4 descreve as condições de contorno para elaboração de sistemas de gestão ambiental para sistemas de transporte urbano por levitação magnética, além dos passos seguidos para sua elaboração. A Seção 5 descreve-se a estrutura para elaboração do Indicador de Sustentabilidade Sistêmica (ISS) e a sinopse sobre a teoria *Fuzzy*. E na Seção 6 conclui-se o trabalho.

## **2. Sinopse sobre o sistema de transporte urbano por levitação magnética – O MagLev-Cobra**

Um Veículo de Levitação Magnética é um sistema de transporte complexo, energeticamente eficaz, que não gera ruído, vibrações, emissões gasosas e tem uma implantação mais econômica do que outros sistemas ferroviários similares e tradicionais. Em destaque para Painho (2009), existem vantagens do MagLev sobre os tradicionais:

- ✓ A ausência do contato entre roda e trilho tem consequência para a redução dos custos de manutenção, redução do ruído e vibração;
- ✓ A força peso total é distribuída, em oposição com aos trens tradicionais, em que o peso é concentrado nos eixos. Esta característica faz com que as estruturas não necessitem ser tão robustas, o que origina a redução nos custos de construção das linhas, nomeadamente no dimensionamento à flexão das vigas em vias elevadas, pois o momento máximo de flexão no centro da viga é substancialmente inferior.
- ✓ A ausência de contato previne o escorregamento e o deslizamento entre a roda e o trilho, pois o atrito entre eles é baixo, o que possibilita acelerações e desacelerações mais rápidas, linhas com maiores inclinações, além de ser menos susceptível às condições atmosféricas.
- ✓ Apesar de depender da estrutura do veículo (articulações), o raio mínimo de curvatura é inferior, o que facilita o acompanhamento das vias existentes, inserindo-se de forma mais integrada no ambiente, reduzindo-se a intrusão visual.

Existem três técnicas utilizadas para veículos de levitação magnética:

- ✓ Levitação Eletrodinâmica (EDL): também conhecida por Levitação por Repulsão Magnética, necessita do movimento de um campo magnético nas proximidades de um material condutor.
- ✓ Levitação Eletromagnética (EML): também conhecida por Levitação por Atração Magnética, trata-se do sistema mais antigo de levitação magnética, baseada em eletroímãs instalados no veículo, exigindo um sofisticado sistema de controle, pois se trata de um sistema instável.
- ✓ Levitação Supercondutora (SML): este tipo de levitação, promissora para aplicações em média velocidade (abaixo de 70km/h), baseia-se na propriedade diamagnética dos supercondutores para exclusão do campo magnético do interior dos supercondutores.

O MagLev-Cobra, em desenvolvimento no LASUP-COPPE/UFRJ, foi concebido baseando-se nas características da SML e, estruturalmente, para aproveitar ao máximo a infraestrutura urbana existente, tendo como princípio a possibilidade de realizar curvas de pequeno raio mantendo a carga uniformemente distribuída ao longo da via.

A capacidade de transporte do MagLev-Cobra de cada trem cresce com a adição de anéis, ajustando-se à demanda. Módulos que contêm as portas podem ser montados em diversas disposições ao longo do veículo, pois cada anel representa uma estrutura independente, assim como o posicionamento dos bancos: transversal ou longitudinal.

O MagLev-Cobra é acionado por motor elétrico de indução linear (LIM), de armadura curta, que também é utilizado com sucesso no lançamento de aviões em aeródromos. É um motor eficiente que funciona com movimento longitudinal ao invés de rotação e constitui o principal componente para motorização de um trem de levitação magnética, que por concepção, não possui contato com a superfície de rolamento.

### 3. Sistema de gestão ambiental para transporte – ISO 14001

A ISO é uma entidade não-governamental, sediada em Genebra, fundada em 23/02/1947, com o objetivo de ser o fórum internacional de normalização, atuando como entidade harmonizadora das diversas frentes e agências internacionais.

A partir da Rio-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, realizada no Brasil, criou-se um grupo, denominado de *Technical Committee* nº 207 do *International Organization for Standardization*, designado para elaborar uma série de normas relativas à gestão ambiental. Então, em 1996, foi criada a série de normas que receberam o código 14000 (Clements, 1996).

A série ISO 14000 compreende um conjunto de normas ambientais, de caráter voluntário e de âmbito internacional, que possibilita a obtenção da certificação ambiental. Porém esta, só pode ser obtida por uma determinada empresa, se a mesma implementar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que visa reduzir os impactos ambientais gerados na produção (incluindo a obtenção das matérias-primas), transporte, uso e descarte final do produto (Clements, 1996). Para FIESP (2007), um SGA é uma forma eficaz de planejar, organizar e praticar as ações ambientais das organizações, o que pode integrar-se a outros elementos de gestão empresarial, para que se alcancem objetivos ambientais e, também, econômicos.

A ISO 14001 (*Environmental Management Systems – Specification with guidance for use*) é conhecida no Brasil como NBR ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso). A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), baseada na NBR ISO 14001, é caracterizada pela necessidade de adequação da cultura da organização e inserção dos seus conceitos nas estratégias da instituição.

De acordo com a NBR ISO 14004 (ABNT, 2005), o Sistema de Gestão Ambiental está orientado sob o modelo de gestão baseado no ciclo do PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Isto quer dizer:

- ✓ Planejar (*Plan*) - Formular um plano, com objetivos e processos, que permitam atingir os resultados e cumprir a política ambiental vigente.

- ✓ Executar (*Do*) - Desenvolver a capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender a política, seus objetivos e metas ambientais.
- ✓ Verificar (*Check*) - Mensurar, monitorar e avaliar o desempenho ambiental.
- ✓ Análise Crítica Gerencial (*Act*) - Analisar criticamente e aperfeiçoar continuamente Sistema de Gestão Ambiental, com o objetivo de aprimorar o desempenho ambiental global.

Então, como pré-requisito para aplicação do PDCA, para o desenvolvimento de um SGA, parte-se, inicialmente, da política ambiental formulada pela corporação. A preocupação de que o SGA está em conformidade com esta política encontra-se representada pelos Requisitos Gerais, balizadores que devem ser seguidos para se viabilizar o SGA.

Estudaram-se os seguintes modelos de SGA aplicados ao transporte: Nunes *et al.* (2003), Gonçalves (2004), Díaz (2006), Fogliatti *et al.* (2008), Santana (2008), Rodrigues (2009). O modelo mais adequado ao transporte ferroviário foi o de Fogliatti *et al.* (2008), que será destacado em seguida.

Destacando-se o modelo proposto por Fogliatti *et al.* (2008) que baseia-se no SGA (ISO 14001), mas é adaptado para sistemas de transportes. O diagrama da figura 1 exposto a seguir resume tal modelo.

As oito etapas explicitadas na figura 1 estão descritas adiante.

- ✓ 1ª etapa: Desenvolvimento, divulgação e aplicação da política ambiental da corporação: para o estabelecimento de uma política ambiental na corporação faz-se necessário identificar os requisitos legais relacionados com cada uma das atividades desenvolvidas por ela. Após a definição da política ambiental, ela deve ser divulgada interna e externamente objetivando o cumprimento das atividades planejadas. O levantamento das atividades necessárias para consecução da prestação do serviço é o foco principal desta etapa.
- ✓ 2ª etapa: Divisão da área de influência das atividades a serem desenvolvidas em setores ambientalmente homogêneos: o mapeamento das atividades que sustentam a prestação do serviço é fundamental para a identificação das externalidades que podem provocar impactos ambientais. Por isso, nesta etapa, propõe-se a divisão da área de

influência em áreas menores (subáreas e suas partes) e, a partir delas, identificar-se-ão as atividades em si.

- ✓ 3ª etapa: Caracterização dos componentes ambientais presentes: utilizando-se as subáreas definidas na etapa anterior, deve listar, para cada uma, os seus componentes ambientais, destacando-os se são dos meios físico (solo, ar e água), biótico (flora e fauna) e antrópico (o homem e as suas inter-relações culturais, sociais, econômicas e com outros meios).
- ✓ 4ª etapa: Estabelecimento de indicadores ambientais e seus padrões de comportamento: nesta etapa são definidos indicadores para os componentes sugeridos na 3ª etapa. Quanto a estes, deve-se observar:
  - A sua periodicidade;
  - O local onde o dado do indicador deve ser coletado;
  - Os padrões de comportamento, ou seja, a observância da legislação vigente (p.e. ruído e qualidade do ar) e da política ambiental da corporação, para instituírem-se as metas a serem alcançadas.
- ✓ 5ª etapa: Caracterização do passivo ambiental: deve ser observado se há algum componente ambiental cujo indicador não esteja em conformidade com o padrão adotado (como citado no terceiro subitem da 4ª etapa), pois isso constituirá um passivo ambiental. Os autores concluem que Passivo Ambiental são obrigações contraídas, voluntária ou involuntariamente, em decorrência de ações passadas ou presentes, as quais envolveram ou envolvem a organização e o meio ambiente, originando, como contrapartida, um ativo ou custo ambiental em um momento futuro. Finalizando-se esta etapa conclui-se a Auditoria Ambiental.
- ✓ 6ª etapa: Recuperação do Passivo Ambiental: a recuperação do passivo ambiental é responsabilidade da corporação, de acordo com o artigo 14 da Lei 6.938/81 da Política Brasileira do Meio Ambiente. Entende-se, neste caso, por recuperação como as intervenções promovidas que devem ser planejadas quanto a sua definição detalhada, orçada e executada, além de se analisar as medidas preventivas e mitigadoras a serem previstas e adotadas efetivamente para que a atividade esteja adequada aos preceitos da sustentabilidade.
- ✓ 7ª etapa: Garantia da melhoria contínua do desempenho ambiental: para haja essa melhoria continuada, deve-se observar que há necessidade de aplicar o procedimento

de forma recursiva, podendo-se, com isso, controlar o sistema e as medidas corretivas, preventivas e mitigadoras.

- ✓ 8ª etapa: Elaboração e implementação de planos de contingência para atendimento a situações emergenciais.

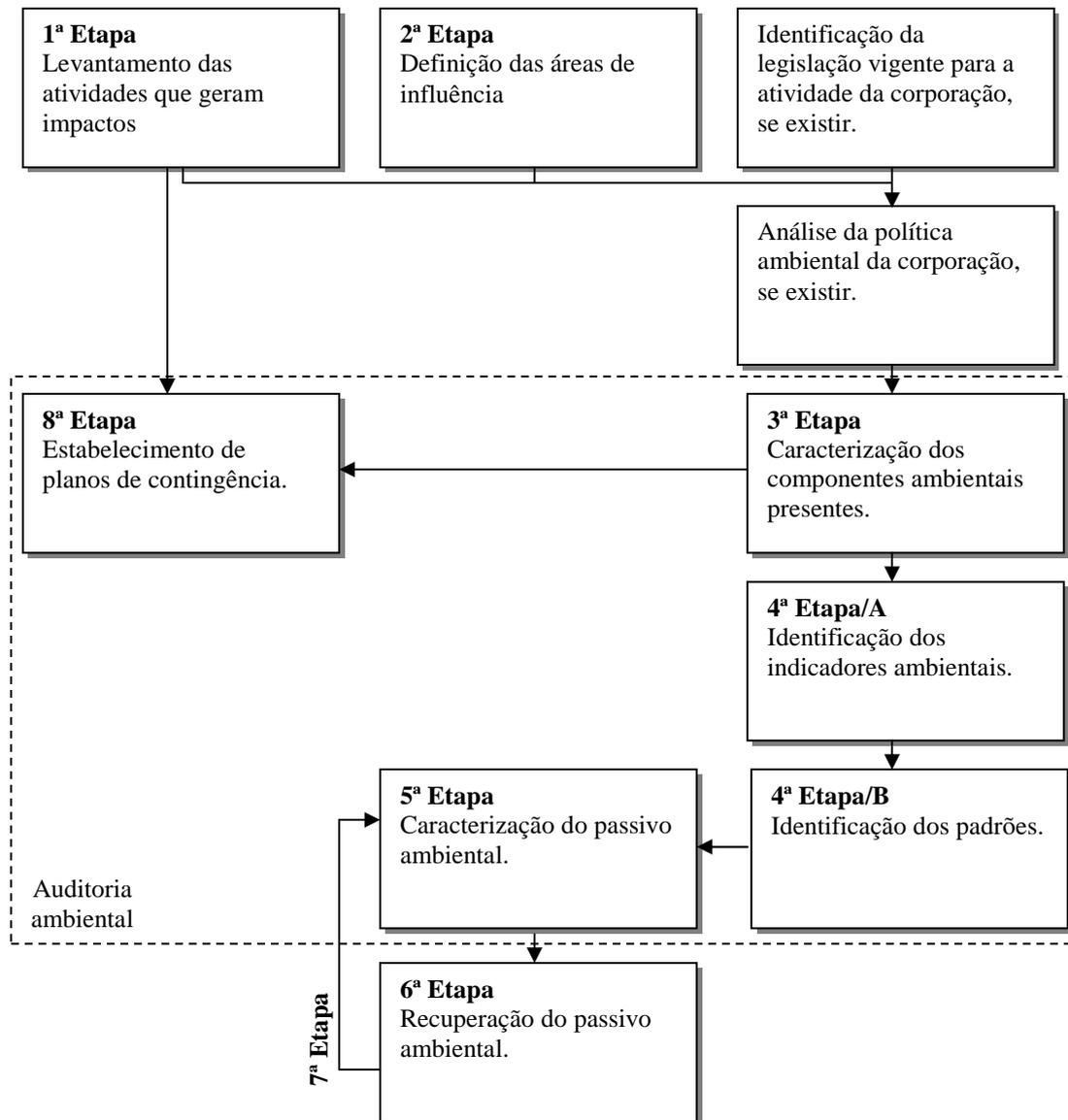


Figura 1 - Relação entre variável dependente e independente da regressão

Fonte: adaptado de Fogliatti *et al.* (2008)

#### 4. Proposta de SGA para sistemas de transporte urbano por levitação magnética

O SGA a ser desenvolvido considera algumas premissas:

- 1) Adotou-se o modelo proposto por Fogliatti *et al.* (2008) que é direcionado para prestação de serviços de transporte;
- 2) Considerou-se que o sistema MagLev-Cobra é complexo, tal como um sistema ferroviário tradicional, pois envolvem várias tecnologias integradas, de cunho industrial, com diretrizes, procedimentos, roteiros e rotinas bem definidas e uma dotação orçamentária estruturada, objetivando a continuidade da operação do tráfego e evitando a ocorrência de fatos que possam degradar ou interromper a prestação do serviço de transporte (Sucena, 2002);
- 3) O sistema de transporte urbano por levitação magnética MagLev-Cobra está em fase de projeto, prestes a ser implantado em uma primeira linha experimental no Rio de Janeiro, ou seja, não apresenta referências operacionais reais em território nacional e no exterior, considerando-se a mesma tecnologia desenvolvida nacionalmente.

#### ***4.1 1ª Etapa - desenvolvimento, divulgação e aplicação da política ambiental da corporação e levantamento das atividades impactantes***

##### **4.1.1 Referencial legal**

Entende-se que para se desenvolver uma política ambiental para o Sistema MagLev-Cobra necessita-se identificar, inicialmente, quais as Políticas Ambientais da União, Estado (neste caso, Rio de Janeiro) e Município (neste caso, Rio de Janeiro), tendo-se como referência a viabilidade ambiental dos transportes, às necessidades da preservação ambiental e a adequabilidade aos preceitos do transporte sustentável.

Tomando-se a esfera pública mais abrangente, a Constituição Federal de 1988, no Art. 225 cita: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

A Lei 6.938, de 31/08/1981, no Art. 1º, com redação alterada pela Lei 8.028 de 12/04/1990, estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

Em nível Estadual, existem órgãos Seccionais, tal como no Rio de Janeiro existe o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) criado em 12/02/1998 pela Lei 9.605, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e os organismos Municipais, como em nível municipal, a representante é a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), no Município do Rio de Janeiro, criada pela Lei 2.138/1994.

Os veículos ferroviários têm alguns equipamentos e insumos comuns aos veículos rodoviários, que apresentam legislação clara. São eles:

- ✓ Ar condicionado: Resolução do CONAMA 267/2000 alterada pela Resolução 340/2003;
- ✓ Baterias: Resolução do CONAMA 401/2008 alterada pela Resolução 424/2010;
- ✓ Combustíveis:
  - NBR 15.512/00;
  - Resolução da Agência Nacional do Petróleo (ANP) 12/2007.
- ✓ Óleo Lubrificante: Resolução do CONAMA 362/2005, Portaria da ANP 159/1998, Portaria Interministerial MME/MMA 464/2007 e Portaria 103/2007, Decretos 4.085/2002, 4.136/2002 e 6.514/2008, Lei 9.966/2000.
- ✓ Geração de resíduos: Leis 12.305/2010, 11.445/2007, 9.974/2000, 9.966/2000 e Resoluções do CONAMA 275/2001 e 05/1993, alterada pela Resolução 358/2005.

#### **4.1.2 Política ambiental**

As principais linhas para adoção de uma política ambiental em uma corporação de transporte são (adaptado de Rodrigues, 2009):

- 1) Participar, de forma ativa, no desenvolvimento sustentável do empreendimento;
- 2) Planejar os processos de operação e manutenção do sistema de transporte, preocupando-se com a saúde e segurança dos funcionários, dos passageiros e da população das áreas de influência;

- 3) Treinar e capacitar os funcionários quanto aos preceitos e necessidades do desenvolvimento sustentável, incluindo-se o seu relacionamento com os clientes, funcionários e demais pessoas da área de influência;
- 4) Realizar, apoiar e estimular ações voltadas para a redução do consumo de energia e água utilizadas na operação e na administração do sistema; e para minimização da produção de resíduos sólidos e líquidos;
- 5) Promover a comunicação aberta e clara com os funcionários, fornecedores, clientes, comunidade das áreas de influência, órgãos de fiscalização ambiental e órgãos reguladores da prestação do serviço, visando a troca de informações e a busca por soluções participativas;
- 6) Buscar, de forma intensiva, a melhoria contínua da política ambiental da corporação de forma a alcançar a compatibilidade entre os serviços prestados e o meio ambiente.

Por se considerar que se trata de um sistema em fase de projeto e por entender que ainda não há política ambiental definida, parte-se do princípio que as atividades que nortearão um sistema MagLev-Cobra serão as mesmas de um sistema de transporte sobre trilhos, amplamente conhecidas pela comunidade científica.

#### ***4.2 2ª Etapa - divisão da área de influência das atividades em setores ambientalmente homogêneos***

Na análise das áreas de influência deve-se representar toda a região impactada pelo sistema MagLev-Cobra, durante as fases de planejamento, implantação e operação. É importante observar os acessos de pessoas e/ou veículos, os pontos de passagem/cruzamento de pessoas e/ou veículos, a região impactada (bairro, cidade, estado etc.) nas fases de implantação e na de operação.

A definição dos limites geográficos da área de influência de um determinado sistema é um dos requisitos legais e um pressuposto metodológico básico para a avaliação dos impactos ambientais. Esses limites são requeridos pela Resolução CONAMA 01/86, no item III, de seu artigo 5: “O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às

seguintes diretrizes gerais: III – Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”.

A incidência do impacto das atividades do sistema deve ser observada por uma dimensão espacial. Esta dimensão pode ser delimitada por:

- ✓ Área Diretamente Afetada (ADA): consiste na área em que as intervenções efetivamente ocorrerão, parte necessária para a implantação do sistema, incluindo as estruturas de apoio, vias de acesso privadas que precisarão ser construídas, ampliadas ou reformadas, bem como todas as demais operações unitárias associadas exclusivamente à infraestrutura do sistema, ou seja, de uso privativo;
- ✓ Área de Influência Direta (AID): compreende a área sujeita aos impactos diretos da implantação e operação do sistema, incluindo-se a desativação, caso necessário;
- ✓ Área de Influência Indireta (AII): considera a área potencialmente impactada pelo reflexo e dispersão destes impactos diretos, ou seja, os efeitos decorrentes do empreendimento são considerados menos significativos do que nas áreas das AID e ADA.

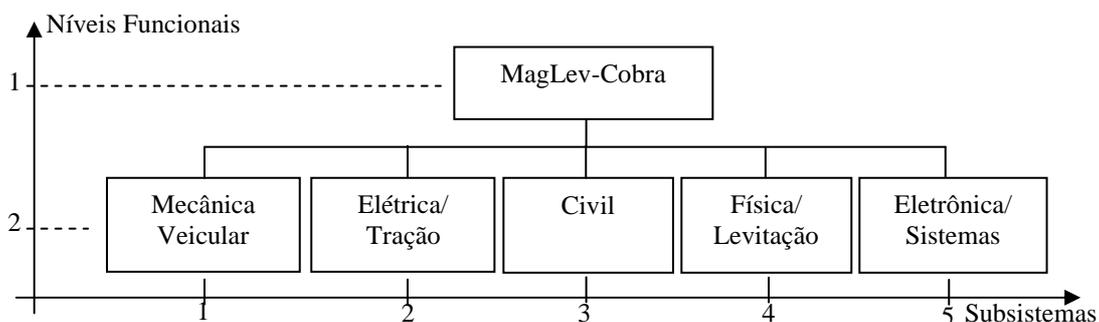
Em cada área de influência devem-se observar os possíveis impactos nos meios físicos, bióticos e antrópicos. Quanto a esses meios, entende-se o seguinte:

- ✓ Meio Físico: conjunto do meio ambiente definido pelas interações físico-químicas de componentes predominantemente abióticos (componentes não-vivos do meio ambiente), quais sejam, materiais terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, entre outras), incluindo as modificações decorrentes da ação biológica e humana. Fornasari Filho *et al.* (1992)
- ✓ Meio Biótico: envolve os aspectos biológicos representados pela flora, fauna e suas interconexões, além das relações com o meio abiótico, tais quais o solo, a água, atmosfera e radiações.
- ✓ Meio Antrópico: considera todos os aspectos, políticos, éticos e sócio-econômico-culturais da região do sistema.

Para se identificar as áreas de influência do sistema MagLev-Cobra, faz-se necessária a compreensão do seu funcionamento, haja vista que tal sistema encontra-se em fase de desenvolvimento tecnológico. Para isso, analisou-se o sistema MagLev-Cobra sob o cunho funcional, permitindo-se entender qual a abrangência das áreas afetadas.

Para se definir as áreas de influência das atividades deve-se considerar a vertente funcional do sistema MagLev-Cobra. Por isso, o próximo item exporá um meio de se entender como funcionam as partes do sistema e como elas interagem com as áreas de influência, servindo-se para que no futuro possa se definir os setores ambientalmente homogêneos.

Funcionalmente, o MagLev-Cobra é constituído por cinco subáreas: mecânica/veicular, elétrica/tração, civil, física/levitação e eletrônica/sistemas. Para melhor entendimento quanto a essas subáreas desenvolveu-se um diagrama hierarquizado onde a funcionalidade do sistema está em destaque (figura 2).



**Figura 2 – Diagrama funcional do sistema MagLev-Cobra e as suas subáreas**

A tabela 1 detalhará o 2º nível (Subárea) exposto na figura 2, relacionando as suas partes às áreas de influência.

**Tabela 1 – Subárea e suas partes funcionais x área de abrangência**

Código	Subárea e suas Partes	Área de Influência		
		ADA	AID	AII
1.00.00.00	Mecânica Veicular	-	-	-
1.01.00.00	Caixa		x	
1.01.01.00	Bancos		x	
1.01.02.00	Barra de Apoio dos Passageiros		x	
1.01.03.00	Janelas		x	
1.01.04.00	Portas		x	
1.01.04.01	Acionamento		x	
1.01.05.00	Extintores contra incêndio		x	
1.01.06.00	Comunicação Visual	-	-	-
1.01.07.00	Iluminação		x	
1.02.00.00	Chassis		x	
1.02.01.00	Fixação do Criostato		x	
1.02.02.00	Fixação do Primário do Motor Linear		x	
1.02.03.00	Fixação Escovas		x	
1.02.04.00	Fixação de Baterias		x	
1.02.05.00	Fixação de Inversores		x	
1.02.06.00	Fixação do Conversor CC/CC		x	

**Tabela 1(cont.) – Subárea e suas partes funcionais x área de abrangência**

Código	Subárea e suas Partes	Área de Influência		
		ADA	AID	AII
1.02.07.00	Fixação da Roda de Segurança		x	
1.02.08.00	Freio		x	
1.02.08.01	De Estacionamento		x	
1.02.08.02	De Emergência		x	
1.03.00.00	Ar Condicionado/Ventilação		x	
2.00.00.00	Elétrica/Tração	-	-	-
2.01.00.00	Motor Linear		x	
2.01.01.00	Primário (Móvel)		x	
2.01.02.00	Secundário – Induzido (Fixo)		x	
2.02.00.00	Retificação Regenerativa		x	
2.03.00.00	Transmissão CC		x	
2.03.01.00	Barramento de Cobre		x	
2.03.02.00	Escovas		x	
2.04.00.00	Inversor		x	
2.05.00.00	Baterias		x	
2.06.00.00	Conversor CC/CC (carregador de baterias)		x	
3.00.00.00	Civil	-	-	-
3.01.00.00	Linha	x	x	x
3.02.00.00	Obra-de-arte	x	x	x
3.02.01.00	Estrutura de Sustentação	x	x	x
3.02.02.00	Escada de Emergência		x	
3.03.00.00	Edificação	x	x	x
4.00.00.00	Física/Levitação	-	-	-
4.01.00.00	Trilho		x	
4.01.01.00	Aço		x	
4.01.02.00	Ímã Permanente		x	
4.01.03.00	Caixa de Contenção		x	
4.02.00.00	Criostato		x	
4.02.01.00	Isolação		x	
4.02.02.00	Supercondutores		x	
4.02.02.01	Blocos		x	
4.02.02.02	Fitas		x	
4.02.03.00	Refrigeração		x	
4.02.03.01	Criocooler		x	
4.02.03.02	Suprimento de LN2		x	
4.03.00.00	AMV Magnético		x	
5.00.00.00	Eletrônica/Sistemas	-	-	-
5.01.00.00	Controle de Portas		x	
5.02.00.00	Emergência		x	
5.03.00.00	Sensoriamento		x	
5.03.01.00	Velocidade		x	
5.03.02.00	Posição Vertical		x	
5.03.03.00	Posição Horizontal		x	
5.03.04.00	Massa		x	
5.04.00.00	Telecomunicações		x	
5.04.01.00	Dados		x	
5.04.02.00	Voz		x	
5.05.00.00	Diagnóstico de Funcionamento		x	
5.06.00.00	Conforto		x	
5.06.01.00	Temperatura		x	
5.06.02.00	Ruído		x	
5.06.03.00	Vibração		x	

A partir do entendimento das partes do MagLev-Cobra, pela visão funcional, e do relacionamento com as áreas de influência, pode-se associar as suas partes aos componentes ambientais presentes dos meios físico, biótico e antrópico que poderão sofrer alterações pelo funcionamento delas. Este relacionamento será objeto do próximo item.

#### 4.3 3ª Etapa - caracterização dos componentes ambientais presentes

Nesta etapa deve identificar os componentes ambientais inseridos em cada área de influência. Cada componente pode sofrer alterações devido às atividades desenvolvidas, baseando-se no funcionamento das partes do sistema, segundo os seguintes fatores expostos na tabela 2.

**Tabela 2 – Caracterização dos componentes ambientais**

Meios	Código	Descrição
Físico	A	Ar
	B	Água
	C	Solo
	D	Clima
	E	Ruído
	F	Vibração
	G	Campo Magnético
Biótico	H	Flora
	I	Fauna
Antrópico	J	Integridade física humana
	K	Ordenamento urbano
	L	Geração de Resíduos
	M	Intrusão Visual
	N	Segregação territorial
	O	Dinâmica da população
	P	Uso de Energia
Q	Aspectos sócio-econômico-culturais	

Caso haja alguma alteração nos componentes, devem ser propostas medidas mitigadoras para reduzir a possibilidade de criação de passivos ambientais. A tabela 3 apresenta o relacionamento entre as partes do sistema MagLev-Cobra com os componentes ambientais que poderão sofrer alterações.

**Tabela 3 – Subárea e suas partes x componentes ambientais**

Código	Subárea e suas Partes	Componentes																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1.00.00.00	Mecânica Veicular															x	x	x
1.01.00.00	Caixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.01.01.00	Bancos					x	x				x							
1.01.02.00	Barra de Apoio dos Passageiros										x							
1.01.03.00	Janelas					x												
1.01.04.00	Portas					x					x							
1.01.04.01	Acionamento						x											
1.01.05.00	Extintores contra incêndio		x								x		x					

Tabela 3 (cont.) – Subárea e suas partes x componentes ambientais

Código	Subárea e suas Partes	Componentes																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1.01.06.00	Comunicação Visual										X							
1.01.07.00	Iluminação												X					
1.02.00.00	Chassis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.02.01.00	Fixação do Criostato					X	X											
1.02.02.00	Fixação do Primário do Motor Linear					X	X											
1.02.03.00	Fixação Escovas					X	X											
1.02.04.00	Fixação de Baterias					X	X											
1.02.05.00	Fixação de Inversores					X	X											
1.02.06.00	Fixação do Conversor CC/CC					X	X											
1.02.07.00	Fixação da Roda de Segurança					X	X			X								
1.02.08.00	Freio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.02.08.01	De Estacionamento						X			X								
1.02.08.02	De Emergência					X	X			X								
1.03.00.00	Ar Condicionado/Ventilação	X				X				X								
2.00.00.00	Elétrica/Tração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.01.00.00	Motor Linear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.01.01.00	Primário (Móvel)																	X
2.01.02.00	Secundário – Induzido (Fixo)																	X
2.02.00.00	Retificação Regenerativa																	X
2.03.00.00	Transmissão CC																	X
2.03.01.00	Barramento de Cobre									X								X
2.03.02.00	Escovas																	X
2.04.00.00	Inversor																	X
2.05.00.00	Baterias		X									X						X
2.06.00.00	Conversor CC/CC (carregador de baterias)																	X
3.00.00.00	Civil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.01.00.00	Linha						X			X	X	X	X	X	X	X		X
3.02.00.00	Obra-de-arte			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
3.02.01.00	Estrutura de Sustentação			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
3.02.02.00	Escada de Emergência									X								
3.03.00.00	Edificação		X					X	X		X	X	X		X			X
4.00.00.00	Física/Levitação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.01.00.00	Trilho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.01.01.00	Aço									X								
4.01.02.00	Imã Permanente						X			X								
4.01.03.00	Caixa de Contenção					X												
4.02.00.00	Criostato																	X
4.02.01.00	Isolação																	X
4.02.02.00	Supercondutores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.02.02.01	Blocos						X			X								
4.02.02.02	Fitas						X			X								
4.02.03.00	Refrigeração									X								
4.02.03.01	Criocooler																	X
4.02.03.02	Suprimento de LN <sub>2</sub>		X							X		X						
4.03.00.00	AMV Magnético									X								X
5.00.00.00	Eletrônica/Sistemas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.01.00.00	Controle de Portas									X								
5.02.00.00	Emergência									X								
5.03.00.00	Sensoriamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.03.01.00	Velocidade									X								
5.03.02.00	Posição Vertical									X								
5.03.03.00	Posição Horizontal									X								
5.03.04.00	Massa									X								

**Tabela 3 (cont.) – Subárea e suas partes x componentes ambientais**

Código	Subárea e suas Partes	Componentes																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
5.04.00.00	Telecomunicações										x							
5.04.01.00	Dados										x							
5.04.02.00	Voz										x							
5.05.00.00	Diagnóstico de Funcionamento																	
5.06.00.00	Conforto										x							
5.06.01.00	Temperatura										x							
5.06.02.00	Ruído					x												
5.06.03.00	Vibração										x							

#### 4.4 4ª Etapa (A/B) - estabelecimento de indicadores ambientais e seus padrões de comportamento

Para se caracterizar os indicadores que servirão para o gerenciamento ambiental e que formarão o ISS, foram avaliadas as seguintes referências: Affonso (2001), Warhurst (2002), Butter (2003), Guimarães (2004), De Melo (2006), APA/UNL (2009), Rodrigues (2009), Heinzen (2011). Os indicadores estão listados na tabela 4.

**Tabela 4 – Indicadores obtidos pela vertente funcional teórica (do sistema)**

Id	Nome	Tipo	Unid.	Universo Discurso
1	Concentração de Dióxido de Nitrogênio na Região do Sistema	ICA/QT	µg/m <sup>3</sup> /1h	0-3.000
2	Concentração de Fumaça na Região do Sistema	ICA/QT	µg/m <sup>3</sup> /24h	0-500
3	Concentração de Monóxido de Carbono na Região do Sistema	ICA/QT	ppm/8h	0-40
4	Satisfação dos Funcionários	IDG/QL	-	0-10
5	Avaliação de Risco de Acidente	IDG/QT	-	0-30
6	Capacitação dos RH	IDG/QT	-	0-100%
7	Cumprimento da Legislação Ambiental	IDG/QT	-	0-100%
8	Eficiência de Atividade de Manutenção Corretiva	IDG/QT	-	0-100%
9	Eficiência de Atividade de Manutenção Preventiva	IDG/QT	-	0-100%
10	Eficiência Hídrica	IDG/QT	m <sup>3</sup> /Pax	0 - 100
11	Escolaridade dos Funcionários	IDG/QT	-	0-100%
12	Índice de Acidentes do Trabalho	IDG/QT	-	0-100%
13	Índice de Investimentos em Meio Ambiente	IDG/QT	-	0-100%
14	Índice de Sugestões Ambientais	IDG/QT	-	0-100%
15	Não-conformidades de auditoria interna	IDG/QT	-	0-10
16	Não-conformidades Legais Relacionadas com o Meio Ambiente	IDG/QT	-	0-10
17	Nível de Ruído na Operação	IDG/QT	dB	0-250
18	Simulados para Emergência	IDG/QT	-	0-5
19	Uso da Água	IDG/QT	m <sup>3</sup> /dia	0 – 10.000
20	Acessibilidade	IDO/QL	-	0-100%
21	Climatização (veículo e instalações)	IDO/QL	-	0 - 10
22	Índice de Satisfação Ambiental dos Clientes	IDO/QL	-	0 - 10
23	Informação para o usuário	IDO/QL	-	0-100%
24	Inovação	IDO/QL	-	0-100%
25	Limpeza do Sistema (veículo e instalações)	IDO/QL	-	0 - 10
26	Nível de Serviço	IDO/QL	-	0-100%
27	Qualidade do Programa de Manutenção	IDO/QL	-	0-100%

**Tabela 4 (cont.) – Indicadores obtidos pela vertente funcional teórica (do sistema)**

<b>Id</b>	<b>Nome</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unid.</b>	<b>Universo Discurso</b>
28	Qualidade do Sistema	IDO/QL	-	0-100%
29	Reciclagem de resíduos líquidos	IDO/QL	-	0-100%
30	Reciclagem de resíduos sólidos	IDO/QL	-	0-100%
31	Relacionamento empresa x usuário	IDO/QL	-	0-100%
32	Segurança	IDO/QL	-	0-100%
33	Tarifa	IDO/QL	-	0-100%
34	Área Média Ocupada	IDO/QT	Pax/m <sup>2</sup>	0 - 10
35	Eficiência energética	IDO/QT	Kw/Pax	0 - 100
36	Índice de Reclamações sobre Meio Ambiente	IDO/QT	-	0-100%
37	Quantidade de Acidentes	IDO/QT	-	0 – 10
38	Tempo de Viagem	IDO/QT	-	0 – 10
39	Uso de energia	IDO/QT	Kw/dia	0 – 10.000

Legenda: QL-Qualitativo; QT-Quantitativo; ICA-Indicador de condição ambiental; IDG-Indicador de desempenho gerencial; IDO-Indicador de desempenho operacional

#### ***4.5 5ª Etapa - caracterização do passivo ambiental***

Como ressaltado no item anterior, o sistema MagLev-Cobra não está em funcionamento e, por isso, não há condições de caracterizar os passivos ambientais. Entende-se que quando for desenvolvido o EIA/RIMA para sua implantação, esse quesito será abordado com maior ênfase.

Definidos os padrões de comportamento dos indicadores destacados na etapa anterior e monitorando-se os valores de acordo com as suas periodicidades, caso ocorra alguma não-conformidade, o componente ambiental monitorado passa a apresentar característica de Passivo Ambiental.

#### ***4.6 6ª Etapa - recuperação do passivo ambiental***

Para recuperação do passivo ambiental de projetos de transporte, devem-se considerar as seguintes fases:

- ✓ Definição do passivo ambiental;
- ✓ Levantamento e caracterização do passivo ambiental;
- ✓ Avaliação e quantificação dos passivos ambientais;
- ✓ Estimativa dos custos para sua recuperação;
- ✓ Programação orçamentária para a recuperação; e
- ✓ Plano de trabalho para execução da recuperação do passivo ambiental.

Rodrigues (2009) ressalta que como o Passivo Ambiental é variável no tempo e no espaço, e que há variações financeiras da sua abrangência, há necessidade constante de se hierarquizar os itens levantados e caracterizados de forma a adequar e otimizar os recursos disponíveis com as necessidades ambientais.

#### ***4.7 7ª Etapa - realimentação do passivo ambiental após a sua possível recuperação***

Como o SGA é uma ferramenta de gestão do sistema, baseada no PDCA, no que tange aos seus impactos no meio ambiente, deve-se fazer o monitoramento e reavaliação constante das suas características, objetivando a análise da efetividade das medidas mitigadoras implantadas.

#### ***4.8 8ª Etapa - estabelecimento de planos de contingência***

Antes da ocorrência de algum impacto ambiental, baseando-se no Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), faz-se necessário utilizar os Planos de Contingência que têm como principal objetivo a precaução e, em seguida, medidas para minimizar a ocorrência de acidentes com danos ao meio ambiente.

### **5. Indicador de Sustentabilidade Sistêmica – ISS**

O ISS congregará os indicadores do SGA, considerados no item 5.4, proporcionando o acompanhamento, em longo prazo, da operação do sistema MagLev-Cobra sob o prisma da sustentabilidade, isto é, mais especificamente do transporte sustentável.

Como se utilizará a estrutura de sistemas Neuro-Fuzzy e, por consequência, a Teoria Fuzzy para modelar o problemas, cabe, no próximo item, destacar os conceitos inerentes e caracterizar a desta teoria.

#### ***5.1 A teoria Fuzzy***

A Teoria Fuzzy nasceu em 1965 a partir da publicação do artigo intitulado *Fuzzy Sets* na revista *Information and Control* por Lofti A. Zadeh da Universidade da Califórnia, Berkeley. A Teoria Fuzzy consiste na modelagem de problemas que comportam variáveis quantitativas e/ou qualitativas por meio da construção de algoritmos baseados na arquitetura do

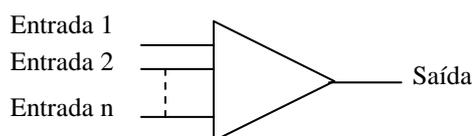
pensamento consensual de especialistas ou usuários dos sistemas. Zadeh *et al.* (1975) afirmam que uma das grandes vantagens da Teoria *Fuzzy* é a de realizar, por meio das propriedades dos conjuntos *Fuzzy*, a tradução de termos linguísticos utilizados nas comunicações diárias (linguagem natural) em expressões matemáticas.

Para Ross (1995), em conjuntos clássicos, denominados por *crisp*, a transição de um determinado elemento em um universo entre ser membro e não-membro de um dado conjunto é abrupta e bem-definida. Para um elemento em um universo que contém conjuntos *Fuzzy*, essa transição pode ser transcrita de modo a que possa ser considerada a fronteira subjetiva que existe entre o pertencer e o não-pertencer a um dado conjunto. Assim, um conjunto *Fuzzy* é um conjunto de elementos que têm vários níveis de participação no conjunto.

Objetivando o aperfeiçoamento desta forma de raciocínio, pode-se unir a estrutura de redes neurais, formando um sistema híbrido denominado *Neuro-Fuzzy*, onde a principal vantagem é a possibilidade de “aprendizagem” do modelo e o processamento em camadas.

As Redes Neurais Artificiais (RNS) são sistemas paralelos distribuídos, inspirados no funcionamento do cérebro humano, que podem aprender a prever e se adaptar ao mundo real. São compostas por unidades de processamento simples, denominadas “neurônios”, que processam determinadas relações. Estas unidades são dispostas em uma ou mais camadas e interligadas por conexões, que na maioria das vezes estão associadas a pesos numéricos que armazenam o conhecimento da rede. Tal conhecimento é obtido por um processo de aprendizagem que altera estes pesos objetivando a modelagem correta.

Uma das configurações para representar a relação entre as variáveis de entrada (*crisp*) e as de saída (*crisp*), formando um neurônio da rede neural, é o modelo de neurônio MCP, proposto por McCulloch e Pitts, em 1943. Esse modelo é uma simplificação do neurônio biológico descrito naquela época. Ele é composto de  $n$  entradas e uma saída. (Medeiros *et al.* , 2003). A simplificação gráfica deste modelo está exposta na figura 3.



**Figura 3 – Modelo de neurônio MCP**

**Fonte: Medeiros *et al.* (2003)**

Para representar cada variável de entrada/saída do neurônio pode-se utilizar a quádrupla  $(X, U, T(X), M)$ , onde  $X$  é o nome da variável,  $U$  é o universo de discurso de  $X$ ,  $T(X)$  é um conjunto de nomes (termos linguísticos) para valores de  $X$ , e  $M$  é uma função que associa uma função de pertinência a cada elemento de  $T(X)$  (Sandri *et al.*, 1999 e Ortega, 2001).

Os conceitos expostos anteriormente, são a base para a formação das funções de pertinência *Fuzzy* que é definida por Shaw *et al.* (1999) como função numérica, gráfica ou tabulada, que atribui valores de pertinência *Fuzzy* para valores discretos de uma variável em seu universo de discurso. A figura 4 exemplifica uma função de pertinência da variável “Nível de Ruído na Operação”.

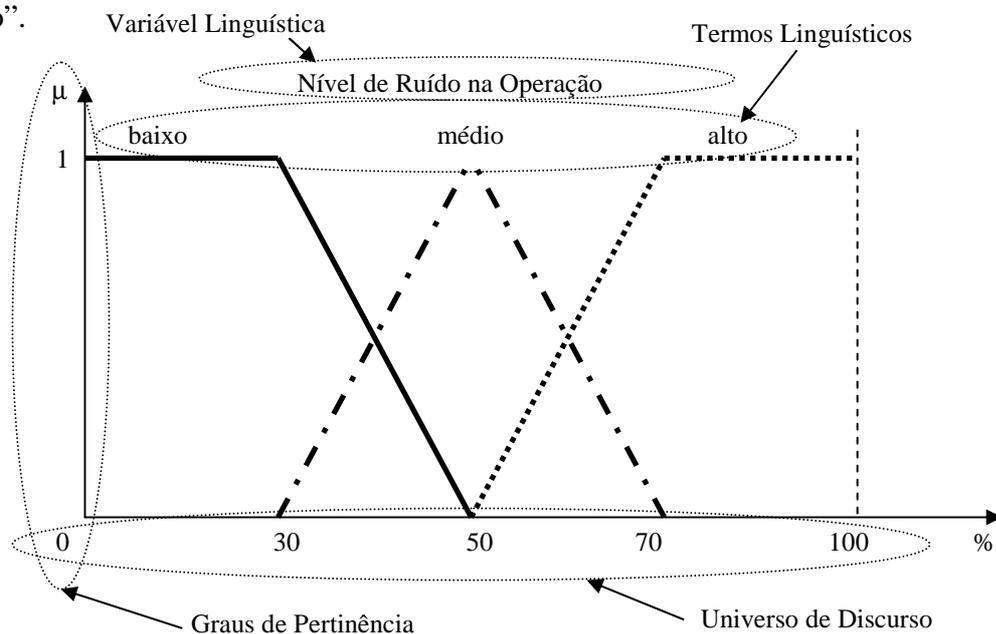


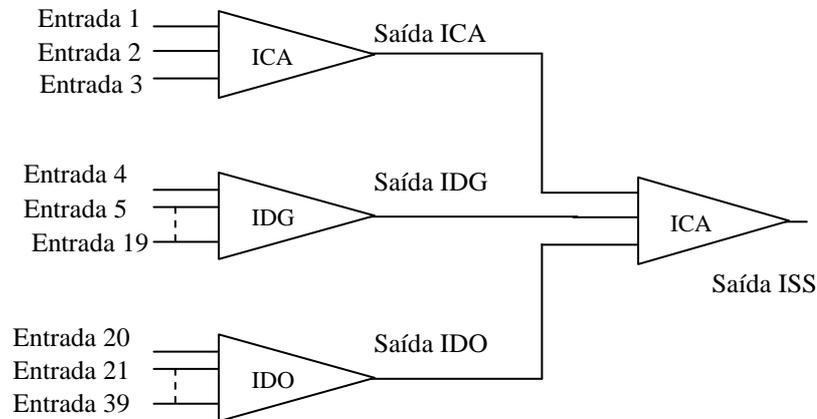
Figura 4 – Exemplo de função de pertinência do indicador nível de ruído na operação

## 5.2 O modelo para obtenção do ISS

O modelo proposto visa determinar um indicador (ISS) que objetiva o acompanhamento do sistema MagLev-Cobra quanto ao seu desempenho associado aos quesitos do Transporte Sustentável.

O ISS será obtido a partir da estrutura de uma rede neural com três neurônios de entrada denominados ICA, IDG e IDO que se referem aos tipos de indicadores expostos na tabela 4. As variáveis de entrada de cada neurônio serão os indicadores agrupados segundo os seus tipos (ICA, IDG e IDO). Cada neurônio de entrada terá uma variável de saída que, em

conjunto, formarão o neurônio de saída denominado ISS. A saída desse último neurônio será o Indicador de Sustentabilidade Sistêmica, um dos objetivos deste trabalho.



**Figura 5 – Estrutura de rede neural para obtenção do ISS**

Para representar as variáveis de entrada e de saída será adotada a estrutura de Sandri *et al.* (1999) e Ortega (2001).

Os nomes das variáveis de entrada dos neurônios ICA, IDG e IDO, representados em X, serão os mesmos de cada indicador da tabela 4. Para as variáveis de saída, os seus nomes, também representados em X, terão o mesmo dos neurônios.

O universo de discurso (U) de cada variável de entrada seguirá o que está representado na tabela 4 na coluna “universo discurso”. Para as variáveis de saída será utilizado o mesmo universo de discurso representado na figura 4.

O conjunto dos termos linguísticos, caracterizado por  $T(X)$ , bem como as suas funções de pertinência (M), para todas as variáveis, estão representadas na figura 4.

## Conclusões

Um SGA é orientado sob o modelo de gestão calcado em um ciclo contínuo denominado PDCA, onde parte-se do princípio que se deve planejar antes de se colocar um sistema em funcionamento, que é o caso do MagLev-Cobra. Além disso, após a efetiva operação devem-se verificar as condições planejadas, avaliar criticamente o que aconteceu e retroalimentar os princípios promovidos no início do ciclo com os conhecimentos adquiridos.

Seguindo-se o modelo adotado por Fogliatti *et al.* (2008) para elaboração de um SGA adequado a prestação de serviços de transporte, permitiu-se vislumbrar a necessidade da visão de planejamento e controle operacional para sistemas em desenvolvimento tecnológico, caso do MagLev-Cobra.

Este modelo PDCA, claramente simples e notório, é fundamental para o desenvolvimento do MagLev-Cobra por se permitir entender que um sistema de transporte não pode se resumir a somente às tecnologias embarcada e as vinculadas à infraestrutura que sustentará o seu funcionamento. Há ainda a necessidade de se “pensar” em operar um sistema de desse de forma adequada aos preceitos da sustentabilidade, ou seja, entendendo-se que há interações entre o sistema e as suas partes com o ambiente que o cerca.

Como o sistema MagLev-Cobra encontra-se em fase de projeto, a inserção do pensamento holístico permite quebrar os paradigmas operacionais que ainda perpetuam e indicam a preocupação do funcionamento das suas partes isoladas em detrimento de se entender as interações entre elas, e delas com o ambiente que o cerca. O desenvolvimento do ISS colaborará para a avaliação temporal das condições sistêmicas do sistema, podendo-se acompanhá-lo também quanto às partes que o compõem.

Partindo-se então do princípio que um sistema de transporte (incluindo-se as partes e as suas interações) vai, sempre, interferir no ambiente que o cerca, nos impulsiona a pensar que a visão funcional do MagLev-Cobra é o orientador inicial de projeto da análise das condicionantes ambientais que deverão ser objetos de controle.

## Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO 14004 (2005) Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio, 32 p., Rio de Janeiro.
- Affonso, Fernando Luiz (2001) Metodologia para Implantação de Sistema de Gestão Ambiental em Serviços de Engenharia para Empreendimentos Petrolíferos: Um Estudo de Caso Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 243 p., Rio de Janeiro.
- APA/UNL - Agência Portuguesa do Ambiente e Universidade Nova de Lisboa (2009) Manual de Implementação do Emas no Sector da Indústria Gráfica, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 178 p., ISBN 978-972-8577-47-6, Amadora.

- Blana, Evi (2003) *Transport and Land Use EU-funded Urban Transport Research Project Results*, Disponível em [http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt9a\\_wm\\_en.pdf](http://www.eu-portal.net/material/downloadarea/kt9a_wm_en.pdf), Capturado em 02/11/2011.
- Brasil Junior, Antonio C. P. (2002) Fundamentos para o Desenvolvimento Sustentável, Apresentação em Microsoft Power Point, Disponível em <http://www.transportes.gov.br/CPMA/FundDesenSust090902.pdf> Capturado em 08/12/2006, Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável.
- Butter, Paulo Luiz (2003) Desenvolvimento de um Modelo de Gerenciamento Compartilhado dos Resíduos Sólidos Industriais no Sistema de Gestão Ambiental da Empresa Dissertação de Mestrado, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 100p., Florianópolis.
- Clements, Richard B. (2006) Complete Guide to ISO 14000. Editora Prentice Hall, 316 p., ISBN: 0132429756.
- CMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1998) Nosso Futuro Comum, Relatório Brundtland, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- CNT- Confederação Nacional dos Transportes e Instituto COPPEAD (2002) A Importância do Transporte de Passageiros para a Eficiência Econômica e Mobilidade da População - Transporte de Passageiros no Brasil - Diagnóstico e Plano de Ação, Rio de Janeiro.
- Cocco, R. G. and Silveira, M. R. (2011) Sistemas de transporte público coletivo e interações espaciais em Marília e Presidente Prudente. *Journal of Transport Literature*, vol. 5, n. 3, pp. 16-44.
- De Melo, Daiane Aparecida (2006) Indicadores de Desempenho Ambiental: um estudo sobre a utilização dos indicadores nos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) em empresas catarinenses certificadas pela NBR ISO 14001 Dissertação de Mestrado, 200 p., Universidade do Vale do Itajaí, Biguaçu.
- Díaz, Luis Rafael Aguilera (2006) Bases para Desarrollar un Sistema de Gestión Ambiental bajo la Norma Chilena ISO 14.001:2004, El Caso de Transportes Rojas Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Geográfica e Ingeniería en Ambiente, Santiago.
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (2007) Melhore a Competitividade com o Sistema de Gestão Ambiental – SGA, 84 p., São Paulo.
- Fogliatti, Maria Cristina, Campos, Vânia Barcellos Gouvêa, Ferro, Marco Aurélio Chaves, Sinay, Laura, Cruz, Isolina (2008) Sistema de Gestão Ambiental para Empresas, ISBN 978-85-7193-182-4, Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- Fornasari Filho, N.; Braga, T. de O.; Galves, M.L.; Bitar, O.Y.; Amarante A. (1992) Alterações no Meio Físico Decorrentes de Obras de Engenharia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo.
- Gonçalves, Álvaro (2004) Proposta de Sistema de Gestão Ambiental para Empresa Prestadora de Serviços Logísticos do Transporte Rodoviário de Cargas. Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Guimarães, Welingson Vanucci Negreiros; Guimarães, Ives Pacceli Negreiros; Silva, Louise Medeiros; Moura, Thiago Negreiros; Jerônimo, Carlos Enrique de Medeiros; Melo, Henio Normando de S. (2004) Definição de Indicadores para as Atividades de Recolhimento de Resíduos Hospitalares no Âmbito da Qualidade Ambiental para os Manipuladores XXIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria e Ambiental, Porto Rico.

- Heinzen, D. M.; Campos, L. M. S.; Miguel, P. A. C. (2011) Um Estudo sobre a utilização de Indicadores de Desempenho Ambiental em SGAs 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo.
- Lima, Maurício Pimenta (2006), Custos Logísticos na Economia Brasileira, Centro de Estudos em Logística – COPPEAD/UFRJ, *In: Revista Tecnológica*, pg 64-69.
- Mattos L B R (2001) A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa - O Caso do Município do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Medeiros, Anderson V. de; Souza, Francisco Elvis C. e Maitelli, André L. (2003) Implementação de Um Sistema de Extração de Conhecimento de Redes Neurofuzzy, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, II Workshop Técnico Científico do DIMAp.
- Molina, Luisa T. y Molina, Mario J. (2002) Air Quality in the Mexico Megacity An Integrated Assessment (Alliance for Global Sustainability Bookseries), Vol. 2, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Nunes, Breno Torres Santiago, Marques Júnior, Sergio e Ramos, Rubens Eugênio Barreto (2003) Gestão Ambiental no Setor de Transportes: uma avaliação dos impactos ambientais do uso de combustíveis no transporte urbano da cidade de Natal. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto.
- Ortega, Neli Regina Siqueira (2001) Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo.
- Paes, Gleicy Karen Abdon Alves (2006) Sustentabilidade Ambiental dos Sistemas de Transportes Públicos em Centros Urbanos. Dissertação de Mestrado - IME, Rio de Janeiro.
- Painho, Bruno Miguel Carones (2009) Protótipo Laboratorial de um Veículo de Levitação Magnética (MAGLEV) com Utilização de Supercondutores Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.
- Paiva, C. (2011) Evolução dos tempos das viagens do modo trem na Região Metropolitana de São Paulo. *Journal of Transport Literature*, vol. 5, n. 3, pp. 182-191.
- Ramis, J. E. and Santos, E. A. (2012) Movimento de passageiros no setor de viagens rodoviárias intermunicipais desde a segunda metade da década de 1990. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 1.
- Ribeiro Suzana Kahn (2001) Transporte Sustentável – Alternativas para o Ônibus Urbanos, Centro Clima, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Rodrigues, Vanda Reis (2009) Sistema de Gestão Ambiental e Banco de Dados Associado ao Serviço de Transporte Público por Ônibus (Dissertação de Mestrado) Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro.
- Ross, T. J. (1995) Fuzzy Logic with Engineering Applications. U.S.A: Ed. McGraw-Hill.
- Sandri, Sandra e Correa, Cláudio (1999) Lógica Nebulosa. Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA, V Escola de Redes Neurais, pp. C073-c090, São José dos Campos.
- Santana, Walter Aloísio (2008) Proposta de Diretrizes para Planejamento e Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário do Brasil, Tese de Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Santos Enilson e Aragão, Joaquim (2000) Transportes em Tempos de Reformas: Ensaio sobre a Problemática LGE Editora, 511pp., ISBN 85-7238-057-4, Brasília.
- Shaw, Ian S. e Simões, Marcelo Godoy (1999) Controle e Modelagem Fuzzy. 165 p. Editora Edgard Blücher, São Paulo.

- Sucena, Marcelo Prado (2002) Subsídios para Alocação de Recursos Financeiros em Sistemas de Transportes Sobre Trilhos Baseado em Critérios Técnicos Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro.
- Vansconcellos, Eduardo Alcântara (2000) Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas, Ed. Annablume, 284pp. ISBN 85-7419-157-0, São Paulo.
- Vansconcellos, Eduardo Alcântara (2001) Transporte Urbano, Espaço e Equidade: Análise das Políticas Públicas, Ed. Annablume, 218pp. ISBN 85-7419-184-1, São Paulo.
- Warhurst, Alyson (2002) Sustainability Indicators and Sustainability Performance Management, Mining and Energy Research Network, University of Warwick, UK.
- Zadeh, L. A. *et al.* (1995) Fuzzy Sets and their Applications to Cognitive and Decision Process. New York: Academic Press.