



## TÉCNICA NEURO-FUZZY PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE RODOVIAS

**Fernando José Pombo Veiga, Engenheiro**

**Marcus Vinícius Quintella Cury, D. Sc.**

Mestrado em Engenharia de Transportes

Instituto Militar de Engenharia - IME

### RESUMO

Nesta dissertação de mestrado pretende-se apresentar uma metodologia desenvolvida para avaliar o desempenho operacional de rodovias concessionadas de forma qualitativa que vise servir de ferramenta de apoio à tomada de decisão para os agentes públicos envolvidos nas avaliações operacionais das mesmas, principalmente para aquelas concedidas à iniciativa privada. Para tal, será utilizada a técnica neuro-fuzzy, incorporando os aspectos favoráveis de cada uma das teorias.

### ABSTRACT

The purpose of this masters thesis is to present a methodology to assess the operational performance of highways, specially ones under private concession using combination of two methods: Fuzzy Logic and Neural Nets. This work is also an opportunity to help the brazilian transport agencies with a tool in the decision analysis process, mainly to public agents which have no means, no procedures or obsolete technologies to work.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas concessões rodoviárias à iniciativa privada, as avaliações de desempenho ficam a cargo do órgão fiscalizador. Porém, quando esse não possui estrutura para executar suas tarefas de fiscalização e avaliação, ou quando a tecnologia a ser controlada exige profissionais específicos, pode-se contratar uma empresa que possua requisitos para tais serviços, apresentando ao poder público relatórios periódicos.

Em geral, os parâmetros avaliados são *objetivos* (número de acidentes, medições da qualidade do ar, obras previstas/executadas etc) e *subjetivos* (qualidade da assistência médica, sinalização, qualidade do pavimento etc). Todavia, parece não existir uma metodologia que reúna todos esses aspectos, traduzindo a real situação operacional das rodovias concessionadas por meio de um único grau que classifique os serviços por comparação a parâmetros, cujos valores estejam divididos em faixas como, por exemplo, péssimo, ruim, regular, bom e excelente.

O trabalho a ser desenvolvido utilizará uma metodologia heurística *neuro-fuzzy*, arquitetada hierarquicamente, em ambiente participativo de especialistas e usuários, cujas variáveis de entrada são as ações sobre o pavimento, pedágio, sinalizações etc, condensando os graus de avaliação atribuídos, para que o nível operacional da rodovia em estudo possa ser expressa por meio de uma “nota”, ou seja, o **Grau de Desempenho Operacional da Rodovia - GDOR**, numa escala entre 0 e 10.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho objetiva desenvolver uma metodologia para avaliar o desempenho operacional de rodovias concessionadas, de forma qualitativa, por meio de um grau, dentro de um intervalo numérico, bem como fornecer uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para os órgãos de fiscalização e as agências reguladoras das rodovias brasileiras.



Assim, a concentração do estudo será a operação das vias e serviços. Para isso, será utilizada a tecnologia *neuro-fuzzy*, que congrega as principais vantagens da lógica *fuzzy* e das redes neurais artificiais, ferramentas adequadas para tratar problemas complexos, carregados de imprecisões e mal formulados sob o ponto de vista das técnicas convencionais. Parte-se do princípio de que o sucesso global de uma concessão rodoviária é uma função de diversos fatores que atuam sobre o meio ambiente, e que não são comumente abordados conjuntamente em relatórios de avaliação tradicionais. Em geral, tais relatórios de avaliação de rodovias concessionadas abrangem administração e finanças, operação das vias e serviços e comunicação social, ampliação e conservação dos trechos e áreas lindeiras, e preservação do meio ambiente. (Cury, 1999)

Porém, há fatores cuja influência no desempenho da rodovia é pequeno, chegando a ser irrelevantes no cômputo geral. Pode-se ter, por exemplo, taludes cuja inclinação seja mais ou menos segura, mas sem oferecer risco quanto à estabilidade. Sendo a manutenção de taludes (principalmente quanto à estabilidade) responsabilidade da concessionária, uma hipótese de risco certamente diminuiria a eficiência ou grau de avaliação global da empresa. Por outro lado, tal fato em nada afetaria o desempenho operacional, feita pelo usuário ou por um especialista.

Assim sendo, o uso de uma técnica que engloba dois métodos (Redes Neurais e Lógica Fuzzy) arquitetado hierarquicamente (para se obter uma única saída), pode ser utilizado, combinado com um ambiente participativo dos especialistas e usuários da rodovia em análise, para avaliar-se o desempenho operacional de rodovias, em função de seus efeitos e ações sobre fatores como o pavimento, usuários, meio ambiente físico, biológico e antrópico da sua área de influência, sistema de pedágio, sinalizações horizontal e vertical, segurança, manutenção, monitoramento etc, condensa os graus de avaliação atribuídos por uma certa quantidade de usuários e as estimativas de outros tantos especialistas, numa combinação de todos os dados em blocos de inferência que utiliza bases de regras e expressões lingüísticas, para que o nível operacional da rodovia em estudo possa ser expressa por meio de uma “nota”, ou seja, um grau de 0 a 10.

Desta forma, após a calibração da estrutura e do sistema de regras, e compatibilização dos graus resultantes da avaliação de usuários e especialistas, pode-se realizar a manipulação do mesmo de forma a se determinar quais variáveis de entrada podem ser eliminadas sem influência significativa no resultado final, no GDOR. A eliminação de variáveis pouco significativas no grau final visa à simplificação no emprego da metodologia a ser proposta, concentrando as atenções dos avaliadores em fatores que realmente interfiram na operação rodoviária, otimizando seu desempenho.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Esta dissertação justifica-se pela carência, por parte das agências reguladoras e fiscalizadoras de rodovias concessionadas, federais ou estaduais, de uma metodologia confiável e capaz de englobar e ponderar todos os aspectos da operação rodoviária. Representa, ainda, a oportunidade de contato com modernas tecnologias de operação e manutenção de rodovias, proporcionando aprendizado, atualização e treinamento para o Exército Brasileiro, que cumpre, assim, sua missão de colaborar com o desenvolvimento nacional.



Quanto a necessidade governamental, os programas estratégicos do Programa Avança Brasil (2002) para o Setor de Transportes, destacam-se os seguintes :

- Descentralização de Rodovias Federais;
- Manutenção de Rodovias em Regime de Gestão Terceirizada;
- Manutenção da Malha Rodoviária Federal.

Logo, faz-se mister a existência de procedimentos, metodologias e técnicas capazes de analisar, avaliar, propor soluções e prospectar cenários para os problemas que provavelmente irão advir nos programas de descentralização de rodovias. Esta dissertação pretende colaborar como uma ferramenta no auxílio ao enfrentamento de tais situações.

#### **4. ANDAMENTO**

Quanto a sua estrutura, esta dissertação está composta por 7 capítulos. O 1º capítulo será uma breve introdução, onde serão apresentados a situação geral das rodovias e suas concessões, o problema da avaliação de desempenho, o porquê do uso da Lógica Fuzzy, motivação, justificativa, relevância, objetivo, metodologia adotada e a estruturação do trabalho. No 2º capítulo, será abordado o sistema rodoviário nacional e as concessões no Brasil e no exterior, sendo a caracterização da operação de rodovias e os aspectos das avaliações de desempenho em diversas áreas de transporte e correlatas apresentadas no 3º capítulo. O capítulo 4 tratará dos conceitos da Lógica Fuzzy, das Redes Neurais e da Técnica Neuro-Fuzzy. Posteriormente, no 5º capítulo, haverá a apresentação da metodologia proposta para a avaliação do desempenho operacional de rodovias. O 6º capítulo abordará os estudos de caso e, finalmente, no 7º capítulo, as conclusões sobre o trabalho desenvolvido serão apresentadas, bem como recomendações necessárias sobre estudos futuros relacionados ao tema são discutidas.

O cronograma seguido foi formulado em 5 (cinco) etapas. Inicialmente (1ª etapa), o estado da arte e pesquisa bibliográfica sobre as avaliações de rodovias existentes, desde o projeto até à sua operação, levantando seus parâmetros (significativos ou não), as carências destes, bem como as peculiaridades de cada concessão estudada. Revisão dos conceitos de Lógica Fuzzy, e Árvore Hierárquica e Redes Neurais. A seguir, na etapa 2, pesquisas de campo nas rodovias concessionadas SP-330 (Anhangüera), SP 348 (Bandeirantes), SP 102/330 (Adalberto Panzan) e SP 300 (Dom Gabriel P. B. Couto), administradas pelo consórcio AUTOBAN, o qual é fiscalizado pelo consórcio CONCREMAT-PROJEL\_DALCON, representante da ARTESP, a agência que regula os serviços de transporte em São Paulo. Concomitantemente, desenvolve-se a etapa 3, com a determinação dos conjuntos Fuzzy para os indicadores de cada variável de entrada, os Fatores de Certeza oriundos de entrevista com os especialistas (engenheiros e técnicos) envolvidos na fiscalização das rodovias citadas e os oriundos do meio acadêmico, além da definição dos valores absolutos, base de referência para as comparações futuras. Na etapa 4, foi previsto o desenvolvimento da metodologia para avaliação do desempenho de rodovias concessionadas, com base na lógica neuro-fuzzy, a ser aplicado na quinta e última etapa, nos estudos de caso previstos.

O trabalho encontra-se nas etapas 3 e 4, pois a etapa 2 foi realizada, proporcionando adquirir dados iniciais que necessitam ser compilados, adequando a metodologia proposta. Deverá ser feita ainda uma pesquisa de opinião, *in loco*, e mais entrevistas com os profissionais da área, visando definir os parâmetros de entrada e da própria estrutura da rede hierárquica proposta.



## 5. METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Vergara (2001), a pesquisa científica pode ser classificada segundo o *fim* a que se propõe e quanto aos *meios de investigação* utilizados na confecção do trabalho realizado. A metodologia adotada neste trabalho, quanto ao *fim* a que se destina, classifica-se como *pesquisa metodológica e descritiva*. *Metodológica*, por referir-se a um instrumento de captação da realidade associada a procedimentos para atingir determinado fim. Também é *pesquisa descritiva*, pois expõe características dos vários tipos de serviços que compõem a operação de uma rodovia.

Dentro do aspecto *meios de investigação*, serão utilizadas a *pesquisa de campo*, a *pesquisa bibliográfica* e o *estudo de caso*. Utilizou-se a *pesquisa de campo*, investigação empírica realizada no local de ocorrência do fenômeno, quando da visita às rodovias concedidas e operadas pela iniciativa privada, incluindo-se a aplicação de questionários, testes e observações. A *pesquisa bibliográfica* abordou teses, dissertações, livros, artigos, anais de congresso, notas de aula, revistas especializadas e/ou eletrônicas, endereços eletrônicos na *internet* e publicações institucionais. Finalmente, os *estudos de caso* utilizados serão as rodovias Bandeirantes-Anhangüera (Autoban), em São Paulo e a Ecovia, no Paraná.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se conseguir, com este trabalho, um método capaz de servir de ferramenta para os encarregados de avaliar a operação de rodovias, bem como funcionar como um portal de entrada para a técnica *neuro-fuzzy* no âmbito da engenharia de transportes, especialmente no que tange ao modal rodoviário. Faz-se necessário a continua busca e uso de técnicas alternativas para o tratamento dos problemas relacionados a transportes, principalmente aquelas que consideram a participação de especialistas e usuários dentro de sistemas inteligentes, capazes de aprender e auto-ajustar-se à realidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2003) **Apresentação e Aspectos Gerais do Programa de Concessões**. Artigo capturado em 30/04/2003, da página eletrônica: <http://www.antt.gov.br>.
- Cox, E. (1992) **The Seven Noble Truths of Fuzzy Logic**. Computer Design, Aptornix FuzzyNet, New York.
- Cury, M. V. Q. (1999) **Modelo Heurístico Neuro -Fuzzy para Avaliação Humanística de Projetos de Transporte Urbano**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UF RJ.
- Duarte, M. (2003) **Concessão de Rodovias vai muito além do Pedágio**. Artigo capturado em 31/03/2003, da página eletrônica da Agência Estado: <http://www.aesetorial.com.br/transportes/artigos/2003/jan/14/235.htm>
- Meech, J. A. (1997) **Fuzzy Logic and Expert Systems**. Documento de Trabalho. University of British of Columbia, Vancouver, Canada.
- Mendes Filho, E. F. (1997) **Evolutionary Design of MLP Neural Network Architectures**. IV Brazilian Symposium on Neural Networks, IEEE Computer Press, Goiânia, Brazil.
- Ministério dos Transportes (2003) **Organograma**. Artigo capturado em 30/04/2003 da página eletrônica: <http://www.transportes.gov.br/>
- Nova Dutra (2003) **O que é concessão?** Artigo capturado em 30/04/2003 da página eletrônica: [http://www.novadutra.com.br/home\\_perguntas.html](http://www.novadutra.com.br/home_perguntas.html)
- Von Altrock, C. and Krause, B. (1994) Multi-Criteria Decision Making in German Automotive Industry Using Fuzzy Logic. **Fuzzy Sets and Systems**, Vol 63, 375-380.
- Von Altrock, C. (1997) **Fuzzy Logic and Neuro-Fuzzy Applications in Business and Finance**. Prentice Hall, USA.

### Contatos:

Fernando José Pombo Veiga  
veigamf@yahoo.com.br

Marcus Vinícius Quintella Cury  
mvqc@uol.com.br