

Lógica Fuzzy: Alternativa viável para projetos complexos no Rio de Janeiro

Ilan Chamovitz^{1,2}

Carlos Alberto Nunes Cosenza¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/PEP/APIT)

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Rio de Janeiro (IFRJ)

Palavras-chave: Lógica, Fuzzy, Nebuloso, Nebulosa, Projetos, Rio de Janeiro

Resumo: A aplicação de técnicas e modelos teóricos estudados nas universidades permite a melhor compreensão de alguns aspectos da realidade, em um cenário ou situação definidos. Este trabalho apresenta características da lógica fuzzy, alguns projetos desenvolvidos em diversas áreas no Rio de Janeiro com a participação do Programa de Engenharia de Produção da UFRJ e propõe o aumento de investimentos em grupos que disseminam esta técnica.

1. Introdução

Espalhar computadores e equipamentos de última geração por escolas, hospitais, bibliotecas ou centros de cidadania não garante ao cidadão educação, saúde ou cultura em uma unidade federativa como, por exemplo, o Rio de Janeiro. Apesar da importância da renovação do parque tecnológico em instituições públicas e privadas, é necessário considerar outros fatores, como por exemplo a existência de ativos intangíveis, a gestão do conhecimento, a busca pela inovação, a pesquisa, a melhoria de processos, a formação dos profissionais e o estudo de melhores práticas e técnicas.

Estudos prospectivos representam prática cada vez mais comum em unidades de gestão. Engenheiros de Produção não estão atuando somente na indústria como pressupõem vários gestores, mas também em comércio e, fundamentalmente, em serviços essenciais ao cidadão, como Saúde e Educação. A aplicação de técnicas e modelos teóricos estudados na universidade permite a melhor compreensão de alguns aspectos da realidade, em um cenário ou situação definidos. Uma das técnicas que vêm sendo utilizadas para lidar com sistemas complexos e que é divulgada na UFRJ e utilizada em projetos de diversas áreas no Rio de Janeiro é a adoção de modelos baseados Lógica Fuzzy.

Este trabalho apresenta características da lógica fuzzy, alguns projetos desenvolvidos em diversas áreas no Rio de Janeiro com a participação do Programa de Engenharia de Produção da UFRJ e propõe o aumento de investimentos em grupos que disseminam esta técnica.

2. Características da Lógica fuzzy

O uso da lógica fuzzy em sistemas complexos – como por exemplo aqueles voltados à Saúde ou à Educação – será indicado sempre que se desejar aproximar o modelo construído da realidade. Zadeh (1973) estabeleceu o Princípio de incompatibilidade, que está ilustrado na

figura 1:

" A medida que a complexidade de um sistema aumenta, nossa habilidade para fazer afirmações precisas e que sejam significativas acerca deste sistema diminui até que um limiar é atingido além do qual precisão e significância(ou relevância) tornam-se quase que características mutuamente exclusivas". (Zadeh, L., "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes".IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., vol SMC-3 (1973) pp 28-44)

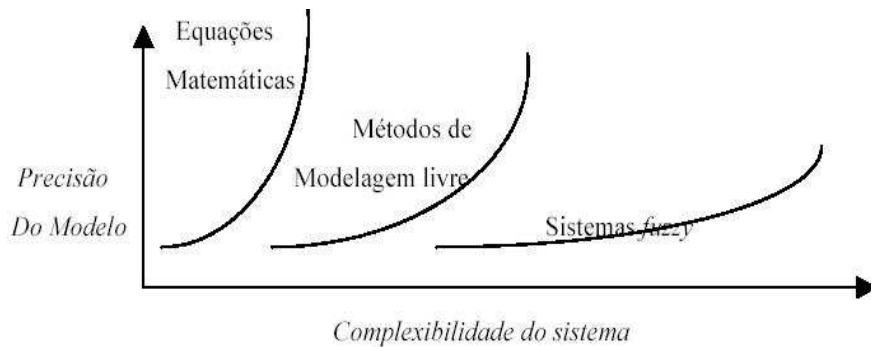


Figura 1 Complexidade de um sistema em função da precisão do modelo

JANG & GULLEY (1995) justificam a utilização da lógica fuzzy em relação à lógica clássica. Estendendo sua justificativa aos processos complexos, utilizamos fuzzy:

- (a) porque a naturalidade de sua abordagem torna seus conceitos fáceis de entender;
- (b) porque é flexível;
- (c) porque é tolerante com dados imprecisos;
- (d) porque pode modelar as funções não-lineares da abstratidade da complexidade;
- (e) porque pode ser construída com base na experiência de especialistas;
- (f) porque pode ser integrada às técnicas convencionais de controle;
- (g) porque em muitos casos, simplifica ou amplia as possibilidades e recursos dos métodos convencionais de controle;
- (h) porque é baseada na linguagem natural, base da comunicação humana.

Nebulosidade (Fuzziness) é a ambiguidade que pode ser encontrada na definição de um conceito ou no sentido de uma palavra. Por exemplo, expressões como *um aluno jovem*, *grande dificuldade*, ou *pequeno número* podem ser chamadas de nebulosidades.

Podemos conceituar um conjunto clássico como uma coleção bem definida de elementos, na qual é possível determinar para um objeto qualquer, em um universo definido, se ele pertence ou não pertence ao conjunto. Ou seja, a resposta à pergunta *O elemento "a" pertence ao conjunto X?* classicamente pode ser *Sim* (grau 1, por exemplo) ou *Não* (grau 0, por exemplo). Porém, no mundo real, nem sempre um elemento pertence totalmente a um conjunto. Por exemplo, na área de Educação, afirmar que um aluno faz parte do "Conjunto dos estudantes atrasados" colocará na mesma coleção o estudante que chegou 30 segundos atrasado e seu colega, que atrasou 20 minutos! A teoria dos conjuntos fuzzy oferece recursos para uma abordagem nebulosa, fuzzy, difusa, mais próxima à realidade. Assim, elementos passam a pertencer a um conjunto, em determinado grau, como veremos a seguir.

2.1 Conjuntos Fuzzy

No exemplo do “Conjunto dos estudantes atrasados”, percebe-se que o conceito de pertinência de um elemento a um conjunto, na teoria clássica dos conjuntos, fica bem definido. O aluno atrasou, ou não atrasou. Dado um conjunto A em um universo X , os elementos deste universo simplesmente pertencem ou não pertencem àquele conjunto. Isto pode ser expresso pela função característica f_A :

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases}$$

Um conjunto fuzzy A em um universo X é definido por uma função de pertinência

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1].$$

e é representado por um conjunto de pares ordenados

$$A = \{x / \mu_A(x) \mid x \in X\}$$

onde $\mu_A(x)$ indica o quanto x é compatível com o conjunto A .

Um determinado elemento pode pertencer a mais de um conjunto fuzzy, com diferentes graus de pertinência. Por exemplo, um estudante de educação física que está sendo preparado para auxiliar nos eventos esportivos que ocorrerão em 2012, pode ser considerado alto com grau de pertinência 0,8 (em sua turma ele pode ser o terceiro mais alto) e, também ser considerado alto por seu professor de basquete, com grau de pertinência 0,4 (a soma dos graus de pertinência não precisa resultar em 1). Este mesmo aprendiz pertence a outros conjuntos fuzzy: Ele chega sempre antes do início da aula e, portanto, é faz parte do conjunto “estudantes pontuais” com grau 1 e de “estudantes atrasados” com grau zero.

Conjuntos fuzzy podem ser definidos em universos contínuos ou discretos. Se universo X for *discreto e finito*, o conjunto fuzzy A pode ser representado por um vetor contendo os graus de pertinência no conjunto A dos elementos correspondentes de X . No exemplo extraído de Aguiar & Oliveira Jr. (2007, p.2), temos:

$$A = \{1/0.3 \cdot 2/0.6 \cdot 3/0.7 \cdot 4/0.8 \cdot 5/0\},$$

que pode ser representado, também, assim:

$$A = \{(1,0.3), (2,0.6), (3,0.7), (4,0.8), (5,0)\}$$

Se o universo X for *contínuo*, pode-se utilizar um conjunto de expressões. Aguiar e Oliveira (2007, p.2) apresentam como exemplo:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < 0 \\ x/\alpha & \text{para } 0 \leq x < \alpha \\ 1 & \text{para } x \geq \alpha \end{cases}$$

O conjunto *suporte* de um conjunto fuzzy A é o conjunto de elementos no universo X para os quais $\mu_A(x) > 0$.

Um conjunto fuzzy cujo suporte é um único ponto x' com $\mu_A(x') = 1$ é chamado de conjunto unitário fuzzy ou *singleton*. Assim, um conjunto fuzzy também pode ser visto como o mapeamento do conjunto suporte no intervalo $[0,1]$, o que implica em expressar o conjunto fuzzy por sua função de pertinência.

2.2 Variáveis linguísticas

No tutorial desenvolvido por Tanscheit (2003), uma *variável linguística* é definida como “uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy”. Por exemplo, o *desempenho* de um determinado atleta pode ser uma variável linguística assumindo valores *baixo*, *médio*, e *alto*. Estes *valores* são descritos por intermédio de conjuntos fuzzy representados por funções de pertinência, conforme mostrado na figura 2, gerada a partir do software Matlab:

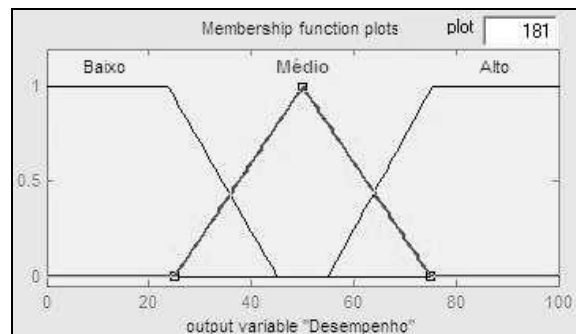


Figura 2 Funções de pertinência para a variável desempenho

Generalizando, os *valores* de uma *variável linguística* podem ser sentenças em uma linguagem especificada, construídas a partir de *termos primários* (*alto*, *baixo*, *pequeno*, *médio*, *grande*, *zero*, por exemplo), de *conectivos lógicos* (negação *não*, conectivos *e* e *ou*), de *modificadores* (*muito*, *pouco*, *levemente*, *extremamente*) e de *delimitadores* (como parênteses).

A principal função das variáveis linguísticas é fornecer uma maneira sistemática para uma caracterização aproximada de fenômenos complexos ou mal definidos.

Formalmente, uma variável linguística é caracterizada por uma quintupla $(N, T(N), X, G, M)$, onde:

- N : nome da variável
- $T(N)$: conjunto de termos de N , ou seja, o conjunto de nomes dos valores linguísticos de N
- X : universo de discurso
- G : uma gramática, regra sintática para gerar os *valores* de N como uma composição de termos de $T(N)$, conectivos lógicos, modificadores e delimitadores
- M : regra semântica, para associar a cada valor gerado por G um conjunto fuzzy em X .

Um exemplo ilustrativo na área desportiva para a variável *desempenho*:

N : *desempenho*

$T(N)$: {*baixo*, *médio*, *alto*}

X : 0 a 100 pontos

G : *desempenho não baixo e não muito alto*

M: É associado a um conjunto fuzzy cuja função de pertinência exprime o seu significado.
Exemplo: *Roberto obteve aproximadamente 50 pontos*.

2.3 Funções de pertinência

Ao explicar as funções de pertinência, Tanscheit (2003) lembra que estas funções podem ter diferentes formas, dependendo do conceito que se deseja representar e do contexto em que serão utilizadas. O autor exemplifica o quanto o contexto é relevante na definição de funções de pertinência e de sua distribuição ao longo de um dado universo, considerando-se a variável linguística *estatura* (de estudantes de pessoas), constituída dos seguintes termos: $T(\textit{estatura}) = \{\textit{baixa}, \textit{média}, \textit{alta}\}$. A esses faz-se corresponder conjuntos fuzzy *A*, *B* e *C*, respectivamente), definidos por suas funções de pertinência.

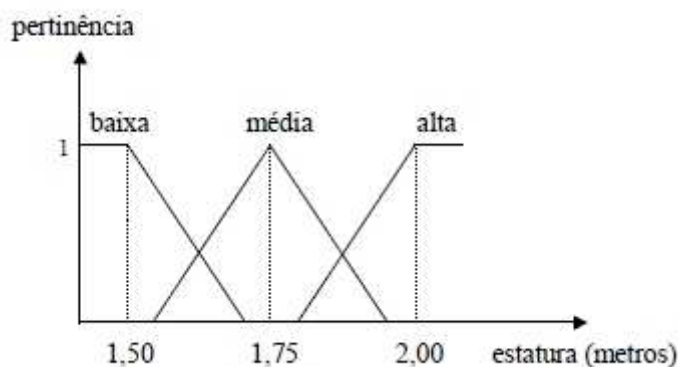


Figura 3 Gráfico com a representação da variável Estatura

Na definição apresentada na figura 3, estaturas de até 1,5 metros apresentam grau de pertinência igual a 1 no conjunto *A*; o grau de pertinência neste conjunto decresce à medida que a estatura aumenta.

Considera-se que uma estatura de 1,75 metros é "totalmente compatível" com o conjunto *B*, ao passo que estaturas acima de 1,8 metros (aproximadamente) apresentam grau de pertinência diferente de zero em *C*. Pessoas com estatura acima de 2 metros são "definitivamente" altas. Observe-se que, nesta definição das funções de pertinência, estaturas em um entorno de 1,75 metros têm grau de pertinência diferente de zero somente no conjunto *B*, o que poderia parecer inadequado para alguns observadores. Estes prefeririam que as funções de pertinência de *A* e *B* se interceptassem em 1,75 metros (com graus de pertinência nulos, por exemplo).

Além disso, diferentes pessoas, ou grupos de pessoas, podem ter noções distintas a respeito das estaturas de seus semelhantes. Um professor de basquete provavelmente utilizaria funções de pertinência diferentes daquelas escolhidas por um professor de xadrez.

Podemos concluir que o contexto é particularmente relevante quando da definição de funções de pertinência. Funções de pertinência podem ser definidas a partir da experiência e da perspectiva do usuário mas é comum fazer-se uso de funções de pertinência padrão, como, por exemplo, as de forma triangular, trapezoidal e gaussiana.

2.4 Definições e operações

A exemplo do que ocorre com conjuntos ordinários, há uma série de definições e operações envolvendo conjuntos fuzzy. Apresentam-se aqui as mais relevantes para uma abordagem inicial do assunto.

Um conjunto fuzzy A em X é **vazio** se e somente se sua função de pertinência é igual a zero sobre todo X :

$$A = \emptyset \text{ se e somente se } \mu_A(x) = 0 \quad \forall x \in X$$

O **complemento** A' de um conjunto fuzzy A é normalmente dado por:

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad \forall x \in X$$

Dois conjuntos fuzzy A e B em X são **iguais** se suas funções de pertinência forem iguais sobre todo X :

$$A = B \text{ se e somente se } \mu_A(x) = \mu_B(x) \quad \forall x \in X$$

Um conjunto fuzzy A é um **subconjunto** de B se sua função de pertinência for menor ou igual à de B sobre todo X :

$$A \subset B \text{ se } \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad \forall x \in X$$

Zadeh propõe a utilização de operadores minimum (*min* ou \wedge) e maximum (*max* ou \vee), para se chegar às funções características dos conjuntos resultantes (interseção e união), e que podem ser representadas da seguinte forma:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad \forall x \in X$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad \forall x \in X$$

3. Modelos e aplicações fuzzy

Apesar da lógica fuzzy ter sua origem nos Estados Unidos, com a divulgação de artigos do professor Lotfi Zadeh (1965; 1973), o crescimento rápido desta tecnologia se deu a partir do Japão e atualmente alcança os EUA, a Europa e o Brasil.

Modelos nebulosos vêm sendo utilizados na tomada de decisão para auxiliar na solução de problemas complexos e que fazem uso de juízo de valor. A lógica fuzzy pode ser vista mais como uma área de pesquisa sobre tratamento da incerteza, ou uma família de modelos matemáticos dedicados ao tratamento da incerteza, do que uma *lógica* propriamente dita.

Sampaio, Oliveira e Ignácio (2009) fornecem os conceitos básicos de conjuntos nebulosos e uma revisão das aplicações de Lógica nebulosa, enfocando as últimas tendências de combinar essa técnica com outros campos do conhecimento, tais como a simulação, controle, diagnóstico e classificação. A estas informações são adicionadas indicações de grupos e organizações de pesquisa sobre lógica fuzzy, a relação de algumas conferências e de publicações.

Timothy Ross, professor da Universidade do Novo México, esteve no Brasil em 2007, quando ministrou um curso na COPPE-UFRJ sobre os principais conceitos da Lógica Fuzzy aplicada à Engenharia. O professor Ross ilustra (1995) a utilização da lógica fuzzy com modelos aplicados na tomada de decisão (p.308), reconhecimento de padrões (p.362) e sistemas de controle (p.476). Cox (1994) apresenta estudos de caso com a aplicação de Controles Fuzzy em turbinas (p.377), três modelos para a Formação de Preços (p.387) e um modelo para Avaliação de Risco (p.435). Dubois e Prade (1980, p.357) apresentam mais de 150 referências e aplicações da lógica fuzzy, entre outras em Robótica, Reconhecimento de Imagens, Biologia e Medicina, Engenharia, Economia, Sociologia, Linguística e Semiótica. Klir & Yuan (1995, p.459) descrevem um modelo para comunicação interpessoal, proposto inicialmente por Yager (1980). Chen e Pham (2000) ilustram com exemplos de modelos fuzzy aplicados na monitoração de indicadores de saúde em sistemas de diagnóstico (p.271),

no controle de foco automático em câmeras (p.281), em controle para sistema servomecânico (p.291) e em um controle em robótica (p.302). Mcneill e Thro (1994, p.123) apresentam a implementação de um sistema desenvolvido para a tomada de decisão para a escolha de uma universidade para cursar. Aplicações computacionais de modelos fuzzy em semiótica e linguística (também chamada fuzzy linguistics) propostas inicialmente por Rieger (1978) são apresentadas em (MEHLER & KÖHLER, 2007, p.1). Na mesma edição, Kacprzyk e Zadrozny (2007, p.339) apresentam um artigo sobre a utilização de categorização para automatização de processos utilizando a lógica fuzzy.

No Brasil, Aguiar e Oliveira Júnior (1999) apresentam em livro exemplos da aplicação de lógica fuzzy em sistemas de apoio à decisão para análise de riscos para empréstimos financeiros (p. 174) e para a formação de preços (p.181). Shaw e Simões (1999) demonstram, também em livro, um sistema de controle para energia alternativa – turbina eólica e geração de energia solar. Aguiar e outros (2007, p.281) indicam um sistema para avaliação de riscos na emissão de propostas comerciais usando a lógica fuzzy. Fernandes e Santos (2004, p.19) desenvolveram, utilizando um modelo fuzzy, o SISPER, um sistema especialista para diagnóstico de doenças periodontais.

Ainda em relação a trabalhos que utilizam outros modelos com lógica fuzzy em avaliação, Moré, Guimarães e Xexéo (2003) apresentam um modelo para avaliação da Confiabilidade Humana. Barros e Cosenza (2008) apresentam a utilização da lógica fuzzy para avaliar impactos em mega-eventos de esporte. Na área educacional destacam-se as teses de doutorado de Brinckmann (2004), que apresenta a utilização da matemática nebulosa em avaliação formativa e de Chamovitz, Elia e Cosenza (2010), que utiliza um modelo nebuloso para auxiliar em avaliações de desempenho, a partir de mensagens enviadas em fóruns virtuais por alunos de pós-graduação em Informática.

4. Estudos sobre Lógica Fuzzy na Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ao se pesquisar a palavra “fuzzy” no acervo digital com teses e dissertações da UFRJ (www.minerva.ufrj.br) dos últimos 10 anos, são obtidos títulos de mais de cem pesquisas que utilizaram a lógica fuzzy. Em grande parte delas houve a colaboração do laboratório fuzzy Labfuzzy – criado na Área de Projetos Industriais e de Tecnologia (APIT/PEP) para investigar, formar e apoiar pesquisas que utilizam abordagem nebulosa. Desta centena de pesquisas, aproximadamente 20 por cento foram desenvolvidas no próprio Programa de Engenharia de Produção, muitas utilizando como referência o modelo COPPE-Cosenza (1981), desenvolvido na COPPE/UFRJ.

O modelo COPPE-Cosenza foi criado inicialmente para estudos de localização. Em 1971 foi criado o modelo de localização MASTERLI – Modelo di Assetto Territoriale e di Localizzazione Industriale, que considera aspectos qualitativos e confronta demanda e oferta de fatores pelas atividades econômicas nas unidades territoriais de cada região (ATTANASIO & MASTERLI, 1974).

O desenvolvimento e aplicação de modelos empíricos para localização de atividades econômicas no Brasil teve início em 1975, em trabalho conjunto da COPPE-UFRJ com a SOMEA - Società per la Matematica e l’Economia Applicate e com a Consisa - Consultoria de Ciência Social Aplicada. O projeto tinha por objetivo pesquisar as alternativas de localização industrial para a região metropolitana do Rio de Janeiro.

A partir do modelo Masterli, o Modelo COPPE-cosenza de Localização Industrial (COSENZA, 1981) incorporou alguns aspectos a mais que o modelo original: considerou aspectos globais, tanto de localização quanto de produção; levando em consideração

dimensões, dinamismo e tecnologia; flexibilidade e consistência.

Em meados da década de 80 o modelo incorporou a matemática baseada em lógica fuzzy. Uma vez que a lógica fuzzy incorpora a lógica clássica (considera não somente o 0 ou o 1 – que ficam nas extremidades, mas sim as possibilidades entre 0 e 1), o modelo tornou-se muito mais rico e flexível, mais próximo à realidade. “O uso da lógica fuzzy permite utilizar variáveis quantitativas e qualitativas, sendo capaz de gerar resultados quantitativos a partir de dados qualitativos” (TOLEDO, 2004).

O Modelo de Hierarquia Fuzzy COPPE-Cosenza foi descrito por Toledo (2004) como sendo, de um modo geral, um modelo de alocação de recursos. Obedecendo aos pressupostos voltados para a hierarquização das alternativas, o modelo não permite a penalização de uma alternativa que não disponha de um fator não solicitado, ou aquela que dispõe de mais fatores que os solicitados, explicitando sua riqueza adicional, podendo atender a outras solicitações e capaz de gerar economias externas.

Dentre os diversos trabalhos de perfil multidisciplinar realizados no estado, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, pode-se destacar, por exemplo:

- *Porto de Itaguaí* - Estudo de viabilidade econômica do Porto de Itaguaí no Rio de Janeiro (COSENZA, 2003), financiado pela FINEP e que buscou avaliar também as potencialidades e os impactos diretos da atividade sobre o país e os municípios no entorno. No estudo apresentado, o projeto, prevê a criação de cerca de 50 mil empregos indiretos, beneficiando os municípios próximos à região;
- *Adequação ambiental em edifícios no Rio de Janeiro* – Diagnóstico de adequação ambiental e condições de uso do Edifício do INPI no Rio de Janeiro, realizado em 2000 (RHEINGANTZ, 2000);
- *Medicina/ HUCFF - Rio de Janeiro* – Avaliação (ANDRAUS et. al., 2002) da utilidade do SPECT cerebral interictal na localização do foco epileptogênico em pacientes do Ambulatório de Epilepsias do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF/UFRJ). Para comparação dos resultados das alternativas para instrumento de diagnóstico foi empregada a lógica fuzzy;
- *Engenharia e confiabilidade humana/ Angra II* – Trabalho sobre a aplicação da lógica fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos Ensaio Não Destrutivos por Ultra-Som, que foi realizado com inspetores da Usina Nuclear de Angra II e da plataforma da Petrobrás (MORE, GUIMARÃE & XEXEO, 2003). Neste estudo foi desenvolvido um modelo fuzzy baseado em 59 fatores que influenciam no desempenho do inspetor criando um padrão de qualidade do ensaio.
- *Planejamento da Produção/ Instituto Nacional de Tecnologia* – Projeto de desenvolvimento de um protótipo computacional voltado para o planejamento mestre da produção, com mecanismos inteligentes de apoio a decisão (ARRUDA, MARTINS, & COSENZA, 2006). O INT é um instituto de pesquisas multidisciplinar, situado no Rio de Janeiro e com atuação em âmbito nacional. Dentre suas áreas de competência podemos destacar a química, tecnologia de materiais, corrosão, energia, desenho industrial e gestão da produção.
- *Educação a distância* - Aplicação do Modelo de Hierarquia Fuzzy COPPE-Cosenza como instrumento auxiliar no processo de avaliação formativa em Grupos Operativos,

utilizando mensagens em um fórum de discussão na área de educação(CHAMOVITZ, 2010). Na pesquisa participaram alunos de três turmas de pós-graduação em Informática, no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ, além de especialistas em Educação a Distância, atuando em instituições localizadas no Rio de Janeiro.

5. Conclusão e recomendações

O Programa de Engenharia de Produção da COPPE vem atuando intensivamente no uso e na disseminação dos conceitos da Lógica Fuzzy, através da execução de trabalhos de parceria com profissionais e com diversas instituições no Rio de Janeiro, na formação de recursos humanos por meio do oferecimento de disciplinas relacionadas ao tema, pelas quais já passaram centenas de alunos, além da orientação de um vasto número de dissertações de mestrado e teses de doutorado.

O LabFuzzy vem contribuindo em diversos projetos, por meio de estudo e aplicação de modelos nebulosos em soluções para problemas complexos. O grupo de especialistas utiliza a lógica fuzzy como instrumental matemático aplicado ao desenvolvimento de produtos, processos, serviços, análise quântica de percepções e outros processos onde a percepção e os julgamentos são os elementos relevantes. O atual estágio de maturidade dos trabalhos e o crescimento da demanda por novos desenvolvimentos tornam imprescindível o investimento em uma infra-estrutura laboratorial que dê suporte ao trabalho das equipes envolvidas, permitindo a consolidação das parcerias já existentes.

O Rio de Janeiro pode atuar como um pólo de disseminação e desenvolvimento de soluções tecnológicas sustentáveis, considerando a lógica fuzzy e o ferramental matemático propiciado por este campo do conhecimento no contexto produtivo e acadêmico. Com a expectativa para os eventos mundiais que ocorrerão nos próximos anos, a demanda pelo planejamento e pela execução de projetos complexos deverá ser alta e diversificada. Neste contexto, a recomenda-se investir em pesquisa e inovação, formando profissionais que possam lidar com a complexidade existente nestes sistemas.

Referências

- AGUIAR, H.; OLIVEIRA, JR., 2007. *Lógica Difusa – Aspectos Práticos e Aplicações*; Editora Interciência, 1a Edição.
- ANDRAUS, M.E.C; COSENZA, C.A.N.; FONSECA, L. M. B.; ANDRAUS, C.F; D'ANDREA, I.; ALVES-LEON, S. V., 2002. *Spect Cerebral Interictal em Pacientes com Epilepsia do Lobo Temporal de Difícil Controle*. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, São Paulo, v. 60, p. 779-787. .
- ARRUDA, D. M.; MARTINS, R.C. & COSENZA, C.A.N., 2006. “*Modelagem do planejamento mestre da produção através do emprego de regras nebulosas.*” In: XXVI ENEGEP, Anais eletrônicos, Fortaleza, Ceará: ABEPRO, p. 1-8, 2006, CD-ROM.
- ATTANASIO, D., MASTERLLI., 1974. *Modelo di Assetto Territoriale e di Localizzazione Industriale*. Bologna: Centro Studi Confindustria.
- BARROS, C.F.; COSENZA, C.A.N., 2008. *Usando Lógica Fuzzy em Mega-eventos de Esportes: Um Sistema de Avaliação de Impactos*. Rio’s International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management. Vol II.
- BRINCKMANN R., 2004. *Avaliação Formativa Da Aprendizagem Através Da Matemática Nebulosa – Uma Proposta Metodológica*. Tese de doutorado. Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. Disponível em <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/4839.pdf>
- CHAMOVITZ, I. *Aplicação do Modelo de Hierarquia Fuzzy COPPE-Cosenza para a Avaliação de Grupos Operativos em Fóruns Educacionais na Internet*. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2010.
- CHAMOVITZ I, ELIA, M., COSENZA, C.A.N., 2008b. *Gestão de Conhecimento em Saúde: Proposta de um modelo nebuloso para a Avaliação de Grupos Operativos em Fóruns Virtuais*. 8o. Congresso Regional de

Informação em Ciências da Saúde (CRICS). 16 a 19 de setembro de 2008, Rio de Janeiro, RJ.

CHEN, G; PHAM, T. T., 2001. *Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000.

COSENZA, C.A.N., 1981. *A Industrial Location Model. Working paper. Cambridge: Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge University, UK.*

COSENZA, C.A. N. – *Seminário Porto de Sepetiba – Portal do Atlântico Sul*. BNDES, 11/abril/2003. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_sepetiba.asp . Acesso em agosto de 2007.

COSENZA, H.J.S.R. et al., 2006. *Aplicação de Um Modelo de Hierarquização Como Instrumento para Tomada de Decisão: Caso de uma Multinacional*. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP 2006, Fortaleza.

COX, E., 1994. *The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, maintaining fuzzy systems*. Boston: AP Professional. ISBN 0-12-194270-8.

DUBOIS, D. ; PRADE, H., 1980. *Fuzzy Sets and Systems, Theory and Applications*, Academic Press, New York.

FERNANDES, A.M.R.; SANTOS, D.D., 2004. *Sistema Especialista para Diagnóstico de doenças periodontais*. In: FERNANDES, A.M.R. e colaboradores. *Inteligência Artificial aplicada à saúde*. Florianópolis: Visual Books, cap. 2. p. 19-44.

GODET. M. *A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica*. CEPES, Lisboa, 1999.

JANG, J. S. R.; GULLEY, N., 1995. *Fuzzy Logic Toolbox User's Guide*. The Math Works Inc.

KLIR G.; YUAN, B., 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Prentice Hall, New Jersey.

LIMA, F.R. ; COSENZA, C.A N.; NEVES, C.; ALMEIDA, F.R., 2006. *Sistema de informações gráficas georeferenciadas para estudos de localização de plantas de Biodiesel no Centro-Sul brasileiro*. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza.

MCNEILL, F.M.; THRO, E., 1994. *Fuzzy Logic: A Practical Approach*. AP Professional, New York.

MEHLER A.; KÖHLER, R., 2007. *Machine Learning in a Semiotic Perspective*. In: *Aspects of Automatic Text Analysis*, S. 1-29, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Berlin/New York.

MORE, J.D.; GUIMARÃES, A S., XEXEO, G.B., 2003. *Modelo Fuzzy para Avaliação da Confiabilidade Humana do Inspetor de Ensaio Não Destrutivo de Ultra-Som*. In: III Pan-American Conference for Nondestructive Testing, Anais em CD-ROM do III PANNDT (III Pan-American Conference for Nondestructive Testing).

REZENDE, J. 2006. *Modelo de Localização de Estações de Serviços utilizando Lógica Fuzzy*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. UFRJ, COPPE. Rio de Janeiro.

RHEINGANTZ, P.A., 2000. *Aplicação do Modelo de Análise Hierárquica COPPETEC – Cosenza na Avaliação do Desempenho de Edifícios de Escritório*. Tese de Doutorado. UFRJ, Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro.

RIEGER, B. B., 1978. *Feasible Fuzzy Semantics..* In K. HEGGSTAD (ed.), *Proceedings of the 7th International Conference on Computational Linguistics (COLING '78)*, pages 41–43. ICCL, Bergen.

ROSS, T., 1995. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill, New York

SAMPAIO, L.M.D. OLIVEIRA, M.J.F. IGNACIO, AAV. *Lógica Nebulosa: Aplicações e Tendências*. Anais do SPOLM 2007. Rio de Janeiro : Ministério da Marinha, 2007.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G., 1999. *Controle e modelagem fuzzy*, Editora Edgard Blücher Ltda.

SILVA W. R. C., LINO A D. P., CASTRO A R. G., FAVERO E. L., 2006. *Previsão na Demanda de Vendas baseado em Regras Lingüísticas e Lógica Fuzzy*. INFOCOMP – Journal of Computer Science – v.5, n.3 .Lavras: Universidade Federal de Lavras.

SOUZA, C. G. ; COSENZA, C. A N. ; COSENZA, O N. , 2002. *Proposta metodológica para avaliação da competitividade com base em modelo de hierarquia fuzzy*. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2002, Rio de Janeiro, RJ.

TANSCHKEIT, R., 2003. *Sistemas Fuzzy*. VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI'03), Minicurso (35 pgs.), Bauru, SP.

TOLEDO, O. M., 2004. *Metodologia de Avaliação de desempenho Baseada em Lógica Fuzzy*. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia COBENGE, 2004, Brasília.

YAGER, R. R., 1980. *On modeling interpersonal communication*. In: WANG, P. P. AND S. K. CHANG (eds.). *Fuzzy Sets: Theory and Applications to Policy Analysis and Information Systems*. Plenum Press, New York, pp. 309-320.

ZADEH, L. A., 1965. *Fuzzy sets*. *Information and Control*, 8:338–353.

ZADEH, L. A., 1973. *Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes*. *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol SMC-3 (1973) pp 28-44.