

CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Rio de Janeiro - RJ - Brasil
ISSN 1413-9022 / v. 22, p. 16 - 29, 2007

AValiação de Competências e Seleção de Pessoal Qualificado em Atividades Específicas – Aplicação de um Modelo Baseado na Lógica *Fuzzy*

Jesús Domech Moré
Universidade Estácio de Sá - UNESA
Jesus.more@estacio.br

Harvey José Santos Ribeiro Cosenza
Universidade Estácio de Sá - UNESA
harveycosenza@estacio.br

Resumo

O objetivo deste artigo é mostrar a aplicação de um modelo, baseado na lógica Fuzzy, de apoio à tomada de decisões, para avaliação de competências e seleção de pessoal qualificado no desempenho de atividades específicas, no nosso caso, avaliação em ensaios não destrutivos por ultra-som (END). Considerando competências como um repertório de comportamento que pessoas e/ou organizações dominam, torna-se necessário estabelecer um processo sistematizado, com metodologia específica, passível de mensuração e comparação, a fim de se identificar a melhor competência e seleção de pessoal. Para o caso analisado, estima-se que, as competências e o comportamento humano são responsáveis por 50% a 80 % dos acidentes tecnológicos ocorridos, e que a taxa relativa de detecção do defeito durante a inspeção é de aproximadamente 50 %. O procedimento metodológico utilizado consistiu em identificar 59 fatores de incidência no comportamento humano. Estes foram avaliados a partir de termos lingüísticos por especialistas e pelos próprios inspetores. Como resultado, foram identificados os aspectos mais importantes para a confiabilidade humana na execução das atividades. Permitindo que a Organização faça a sua escolha com maior confiança.

Palavras-chave: *Lógica Fuzzy; Seleção de Pessoal Qualificado; END.*

1. Introdução

A competitividade está diretamente relacionada com a capacidade que estas têm para assimilar as novas tecnologias nas áreas de seleção de pessoal e, desta forma talento para um cargo ou atividade específica.

As empresas de contratação de pessoal levam em consideração um grande número de atributos para a sua seleção. A habilidade organizacional, a criatividade, a liderança, o nível de experiência e a qualificação, resultam em fatores subjetivos para o processo de seleção e recrutamento de pessoal (CAMPION, 1983).

É indiscutível a importância que tem para uma empresa contar com pessoas adequadas em seus cargos específicos. Não alcançar esse objetivo, supõe um aumento dos custos, derivado do processo de seleção para ocupar um cargo e desempenhar atividades específicas, o que é mais importante, manter um desajuste entre as características da pessoa e a demanda da função a ser executada.

Executar uma ação como parte de inspeção, com a qualidade e confiabilidade requerida, é uma questão de atitude. Existem fatores - *Performance Shaping Factors (PSFs)* - que influenciam no comportamento humano (SWAIN, 1983). Cada um deles tem um peso determinadona confiabiliadde de uma ação. Em processos onde é importante avaliar a confiabilidade humana para a seleção de pessoal em atividades específicas, estes fatores subjetivos constituem variáveis lingüísticas.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* e a lógica *fuzzy* auxiliam, através de ferramentas necessárias, na construção de modelos aproximados do mundo real, para lidar com variáveis lingüísticas (ROSS, 1995).Através de uma análise destes fatores em diferentes ambientes de trábalo, e considerando as opiniões dos especialistas, é possível determinar as condições de desempenho humano, ou seja, quais são os fatores que mais contribuem para o erro humano. Assim, no caso estudado, como o índice de confiabilidade esperado de cada inspetor avaliado (MORÉ, 2004).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos usando a teoria dos conjuntos *fuzzy* como ferramenta para a tomada de decisão durante o processo de seleção de pessoal (CHEN and CHENG, 2005; KORVIN A *et al.*, 2002; SHIPLEY, M.F., 1999; KORHONEN *et al.*, 2001; GIL ALUJA, 1996; LIANG G.S and WANG M.J., 1994).

O objetivo do presente estudo é, a partir da aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy*, um modelo de raciocínio impreciso em ambientes de incerteza, escolher dentre as

as alternativas, aquela que apresenta o índice de confiabilidade mais próximo do ótimo. No caso estudado, escolher entre duas alternativas de operadores.

2. Referencial Teórico

2.1 A Lógica *Fuzzy*

A lógica *fuzzy* estende a aplicação do conceito de matemática do definido para o indefinido, permitindo representar melhor os conceitos vagos e incertos, bem como servir de base para modelagens qualitativas que lidam com variáveis lingüísticas, compreendendo expressões verbais, que sintetizam os pensamentos, os sentimentos e as emoções. Sua utilização propicia tratar verbalizações subjetivas revestidas de ambigüidades lidando com termos lingüísticos ao invés de valores numéricos, superando as ferramentas de modelagem formal dicotômicas – *crisp*, que não permitem avaliação destas ambigüidades (ZADEH, 1965). Os princípios da lógica formal contribuem para explicar como funciona o pensamento racional. Segundo Parsaye e Chignell (1988), a lógica formal está diretamente ligada a comportamentos humanos irracionais, nos levando a crer que ela oferece um balanceamento à esses comportamentos. Os sentimentos, as percepções, as emoções, os interesses na compra e a satisfação podem se considerar como variáveis lingüísticas que formam parte das pesquisas qualitativas. Praticamente todos os seres humanos, de alguma forma, já tiveram contato com a denominada lógica convencional ou booleana. Neste tipo de lógica, uma certa afirmação ou é verdadeira ou é falsa. Nada existe entre o verdadeiro e o falso, ou seja, é a chamada lógica binária, e.g., chover, não chover, luz acesa ou apagada. Este princípio de verdadeiro ou falso foi formulado por Aristóteles, filósofo grego (384-322 a.C). Naturalmente, em certos casos, afirmações envolvendo somente verdadeiro ou falso não fazem o menor sentido. Por exemplo, considere a afirmação “Marcos é muito alto, pois possui 1 m e 93 cm de altura”. Marcos ser alto é uma afirmação totalmente verdadeira ou totalmente falsa? Provavelmente nenhuma delas. A mesma dúvida ocorre ao se afirmar que uma pessoa é totalmente inteligente ou totalmente ignorante, rica ou pobre, bonita ou feia, rápida ou lenta, gorda ou magra, etc. A modelagem booleana se utiliza da dicotomia – uma afirmação é verdadeira ou falsa, um elemento pertence ou não pertence a um conjunto, nada se caracterizando como relativo, com ausência total de ambigüidades.

A álgebra binária aparentemente não escapa da pressuposição de que as estruturas e parâmetros dos modelos têm valores inquestionáveis. Este, na realidade, é um erro encontrado na maioria dos modelos matemáticos que, quanto mais complexos, menos têm a ver com a realidade empírica. A álgebra binária, por sua vez, no tratamento dos atributos e de suas características utiliza, também, variáveis lingüísticas, tal como na lógica *fuzzy*, esta, sem dúvida o melhor instrumento de modelagem qualitativa. A relevância da modelagem booleana se verifica nas operações parciais com elementos de identidade binomial. Uma situação pode ser pontual e ter implicações com reações de intensidades variadas.

As expressões verbais sintetizam o pensamento e as emoções e, mesmo não se revestindo da total riqueza dos sentimentos, são mais abrangentes do que a linguagem lógica.

Em 1965, o Professor Lotfi Zadeh formalizou o que, anos depois vinha a ser uma das maiores revoluções no setor matemático: a Lógica *fuzzy* ou Lógica Nebulosa ou Lógica difusa. Esta teoria trata dos conjuntos não totalmente verdadeiros nem tampouco dos totalmente falsos. Em outras palavras, a lógica *fuzzy* deve ser vista como uma teoria matemática formal para a representação de incertezas. Essa lógica não convencional desenvolveu-se em vários campos da ciência como na Engenharia, Robótica, Administração, Economia, Medicina, etc. Pode-se afirmar que a lógica *fuzzy* tem sido fundamental para a consecução de projetos de sistemas especialistas e um importante suporte para tomadas de decisão, em vários segmentos do conhecimento humano.

A abordagem do presente modelo baseia-se no conceito de conjunto difuso definido por Zadeh (1965). Um conjunto difuso é um conjunto definido num universo de elementos através de uma função de pertinência, cujos valores se incluem no intervalo fechado $[0,1]$, entendida como o significado do conceito definidor de conjunto. A função de pertinência expressa a compatibilidade do termo que denomina o conjunto com o seu significado. Nesta abordagem é utilizada para análise das incertezas, imprecisões e vagezas principalmente relacionadas com o pensamento explícito e a lingüística humana. O princípio de incompatibilidade apresentado por Zadeh (1973) propõe que, quando a complexidade de um sistema excede um certo limite, torna-se impossível descrever o comportamento do sistema de forma precisa e determinística,

explicitando a fragilidade da lógica formal. Os conceitos básicos dos conjuntos *fuzzy* (*fuzzy sets*) (ZADEH, 1965), tiveram como finalidade processar as informações subjetivas, de natureza vaga e incerta da linguagem natural. Na matemática básica, os conceitos subjetivos são impossíveis de serem modelados. A teoria clássica de conjunto é baseada na lógica binária onde um elemento adquire somente dois estados bem definidos: pertence ou não pertence, assim como os conceitos de sim e não, bom ou ruim, verdadeiro ou falso e preto ou branco são substituídos por conceitos onde existem tanto as verdades parciais quanto as falsidades parciais (GIGCH e PIPINO, 1980), captando a essência da teoria da lógica *fuzzy*.

2.2 O Modelo

O ensaio não-destrutivo (END) tipo ultra-som visa aumentar a confiabilidade de diferentes equipamentos e componentes através da detecção de falhas e defeitos neles existentes, caracterizados pelo próprio processo de fabricação das peças ou componentes a serem examinados como, por exemplo: bolha de gás em fundidos, dupla-laminação em laminados, micro-trincas em forjados, escória em uniões soldadas e muitas outras. O objetivo último dos ensaios não-destrutivos pode ser expresso como sendo a detecção, localização e dimensionamento de discontinuidades. A inspeção não destrutiva por ultra – som é executada sob um sistema complexo onde está presente um equipamento, um procedimento, um ambiente sócio – tecnológico, políticas organizacionais, estrutura da equipe de trabalho, inspetores com diferentes níveis de interpretação, percepção, experiência, personalidade e outros atributos que de uma forma ou outra interagem criando incertezas na confiabilidade com que o inspetor executa a inspeção (STEPHENS, 2000).

2.3 Confiabilidade humana

Na teoria convencional de confiabilidade, a confiabilidade humana é definida como a probabilidade que tem o homem para desempenhar funções predefinidas (sem falhas) num tempo determinado sob condições pré-especificadas. Hoje em dia para estudar a confiabilidade de um sistema ultra-sônico é usado o conceito de Probabilidade de Obtenção de Defeito (POD), definida como a probabilidade de o inspetor não passar por cima de um defeito existente e de dimensionar corretamente o defeito (PROVAN, 1989). Qualquer que possa parecer simples esta definição, ela encerra complexos itens, tais como: a natureza do defeito, a aparelhagem, os equipamentos, o fator humano, o

processamento de dados, e a avaliação entre outros (HARRIS, 1992). O modelo clássico de probabilidade usado no conceito de POD faz uma série de restrições que influenciam na precisão da resposta dada por um valor nítido (*crisp*) em taxa de falha (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , etc) e o coloca longe da realidade. Quanto mais complexo é o sistema menos precisão tem o modelo probabilístico, devido a quanto mais variáveis estão presentes mais parâmetros é necessário estimar.

Na verdade a confiabilidade humana é afetada por vários fatores de incidência no comportamento humano (*performance shaping factors*) (SWAIN, 1983). Devido à imprevisibilidade do desempenho humano assim como a ambigüidade do comportamento do fenômeno é muito difícil avaliar com exatidão a confiabilidade humana, especialmente em sistemas de interação homem – máquina. É sabido que estes fatores – mais de 60 – têm um peso determinado na confiabilidade de uma ação. Em processos onde é importante avaliar a confiabilidade humana estes fatores constituem-se em variáveis lingüísticas.

A Teoria de Conjuntos Fuzzy e a Lógica Fuzzy fornecem o ferramental necessário para a construção de modelos aproximados do mundo real e para lidar com variáveis lingüísticas (ROSS, 1995). Através de uma análise destes fatores nos diferentes ambientes de trabalho, e considerando as opiniões de especialistas é possível determinar as condições de desempenho humano, i.e., quais são os fatores que mais contribuem para o erro humano.

No 1st European-American Workshop sobre Confiabilidade em END, foi identificado o fator humano como um dos elementos principais que afetam a confiabilidade dos ensaios não destrutivos. Ele representa o estado físico e mental, a experiência e treinamento do pessoal, assim como as condições sob as quais o pessoal pode operar e ter influência na habilidade do sistema END (NOCKEMANN, 2000). A Confiabilidade do ensaio foi definida através de um modelo empírico conceitual e representada por Serge Crutzen e Matt Golis:

$$R \equiv f(IC) - g(AP) - h(HF) \quad (1)$$

Onde,

R é a Confiabilidade total do sistema de END;

$f(IC)$ é uma função da capacidade intrínseca do sistema de END. (técnica ou combinação de técnicas), geralmente considerada num limite superior;

$g(AP)$ é a função do efeito dos parâmetros aplicados (restrições ao acesso, estado da superfície do material inspecionado, etc);

$h(HF)$ é a função do efeito dos fatores humanos (experiência, treinamento, qualificação, destreza, habilidade, conhecimento, personalidade).

Este modelo conceitual descreve que:

- a) A confiabilidade de um sistema de inspeção ultra-sônico nunca vai ser maior do que a confiabilidade para um sistema ultra-sônico idealizado $f(IC)$;
- b) A confiabilidade do sistema vai ser reduzida quando estamos fazendo a inspeção, devido a que surgem desvios (que podem ser consideráveis) em comparação com as suposições idealizadas usadas na determinação das capacidades intrínsecas da técnica ultra-sônica;
- c) As suposições idealizadas que podem ser afetadas são chamadas de parâmetros aplicados $g(AP)$;
- d) Quando os parâmetros aplicados têm um efeito considerável, a confiabilidade ideal do sistema vai ser reduzida em correspondência com a função g ;
- e) Quando os fatores humanos associados com a inspeção manual são consideráveis, a confiabilidade do sistema vai ser reduzida em correspondência com a função h .

3. Metodologia.

3.1 Descrição do Modelo

Para avaliar as competências dos inspetores, primeiramente consideramos os fatores que influem em erros durante a execução da inspeção ultra-sônica.

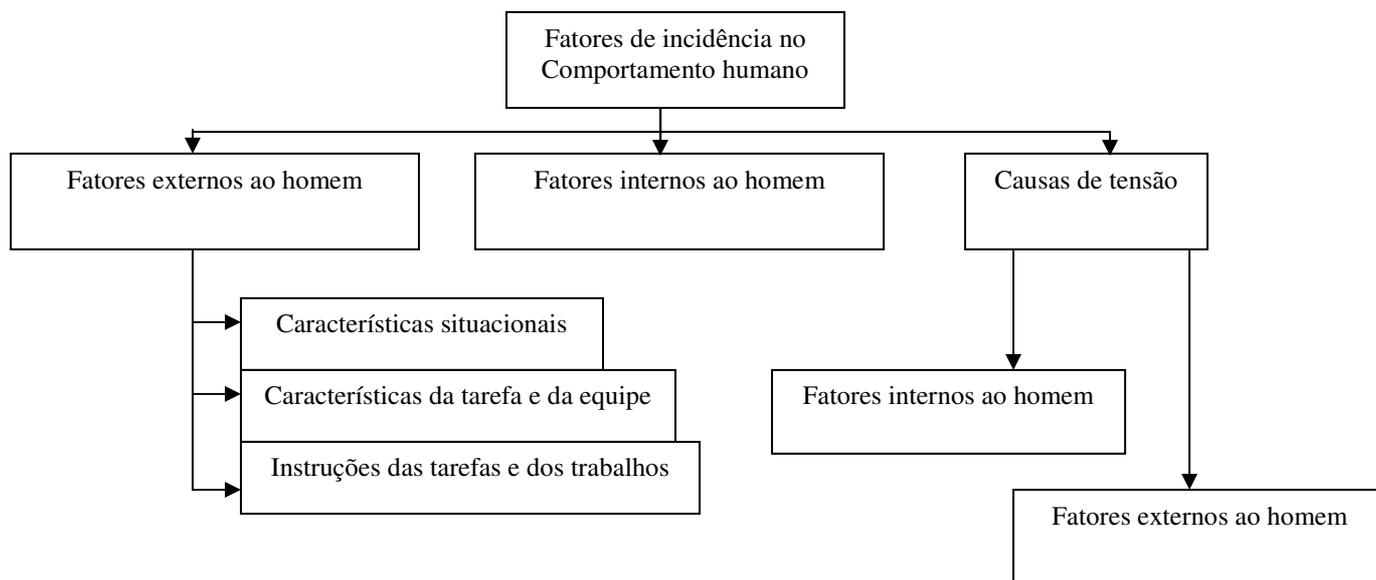
Os fatores, 59 no total, são os seguintes: PSF_1 : Características arquitetônicas; PSF_2 : Características ambientais; PSF_3 : Temperatura; PSF_4 : Umidade; PSF_5 : Qualidade do ar; PSF_6 : Iluminação; PSF_7 : Ruídos; PSF_8 : Vibrações; PSF_9 : Grau de limpeza geral; PSF_{10} : Horário de trabalho/horário de descanso; PSF_{11} : Disponibilidade e adequação ao equipamento; F_{12} : Organização de plantões, número de inspetores; F_{13} : Estrutura de instituição, autoridade, responsabilidades, canais de comunicação; F_{14} : Ações dos supervisores, colegas de trabalho e outro pessoal; F_{15} : Recompensas, reconhecimentos, estímulos; F_{16} : Requerimentos de movimentos, velocidade, resistência, precisão; F_{17} : Relações de *control/display*; F_{18} : Necessidades de interpretação; F_{19} : Necessidades de

decisões; F₂₀: Repetição, monotonia; F₂₁: Complexidade da tarefa; F₂₂: Necessidade de memória a curto o longo prazo; F₂₃: Necessidade de efetuar cálculos; F₂₄: Retroalimentação dos resultados; F₂₅: Comunicação e estrutura da equipe de trabalho; F₂₆: Fatores de interfase homem-máquina; F₂₇: Desenho da equipe; F₂₈: Ferramentas; F₂₉: Requerimentos de uso dos procedimentos escritos, o no; F₃₀: Comunicações orais e escritas; F₃₁: Métodos de trabalho; F₃₂: Políticas da direção; F₃₃: Experiência e preparação anterior; F₃₄: Prática atual em treinamento; F₃₅: Variações pessoais, inteligência; F₃₆: Motivação, atitude; F₃₇: Estado emocional; F₃₈: Atitudes baseadas em influências da família e outros fatores; F₃₉: Identificação como grupo de trabalho; F₄₀: Aparição repentina de causa psicológica; F₄₁: Duração da tensão psicológica; F₄₂: Velocidade de trabalho; F₄₃: Carga de trabalho; F₄₄: Risco no trabalho; F₄₅: Medo de falhar, de perder o emprego; F₄₆: Monotonia do trabalho; F₄₇: Períodos largos de vigiância sem ocorrências; F₄₈: Distrações (devido à ruídos e outros); F₄₉: Duração da tensão fisiológica; F₅₀: Fadiga; F₅₁: Incômodo e dor; F₅₂: Fome e sede; F₅₃: Temperatura do inspetor; F₅₄: Radiações (efeito fisiológico); F₅₅: Acelerações extremas; F₅₆: Dificuldade em realizar movimentos; F₅₇: Insuficiência de oxigênio; F₅₈: Pressão atmosférica extrema, e F₅₉: Falta de exercício físico.

3.1.1 Etapas

a) Determinar o conjunto de atributos (PSF - *Performance Shaping Factors*) que afetam à confiabilidade humana durante uma inspeção ultrasônica. Estes fatores podem ser externos ao homem, internos ao homem e às causas que provocam tensão (ver Figura 1).

Figura 1.- Fatores de incidência no comportamento humano.



Na figura 1 está representada a estrutura dos fatores de incidência no comportamento humano. Eles formam 59 fatores que representam o conjunto *fuzzy* de atributos de confiabilidade humana F , a ser avaliados através da opinião *fuzzy* dos especialistas.

$$F = \{F_1, F_2, F_3, \dots, F_{59}\}$$

b) Escolha dos especialistas (sensores da informação a ser tratada).

Nove especialistas, atendendo aos conhecimentos, à prática e à experiência que possuem nesta área, foram escolhidos para conformar o conjunto *fuzzy* de especialistas E , onde:

$$E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_9\}$$

Neste trabalho devemos levar em conta as limitações da habilidade humana, os especialistas terão que dar opiniões sobre atributos pertencentes ao campo da psicologia, da medicina e outros. Devido a isto e para simplificar o modelo consideramos que o peso *fuzzy* dos especialistas é o mesmo, ou seja, $pE_1 = pE_2 = \dots = pE_9$ desta forma estaremos em presença de um processo de tomada de decisão homogêneo.

c) Escolha dos termos lingüísticos nebulosos.

Os termos lingüísticos escolhidos para representar o grau de importância de cada fator são: *Crítico, Condicionante, Pouco Condicionante e Irrelevante*. Um fator crítico é aquele que estando ausente ou presente causa um efeito relevante na confiabilidade da inspeção por ultra – som. O fator condicionante é aquele que influencia na confiabilidade da inspeção por ultra – som. O fator pouco condicionante é aquele que influencia pouco na confiabilidade da inspeção por ultra – som e o fator irrelevante é aquele que não tem influencia na confiabilidade da inspeção por ultra – som.

Os termos lingüísticos usados para que os inspetores avaliarem o nível de comportamento dos fatores em diferentes ambientes de inspeção são: *Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo*. Eles representam a matriz de oferta.

d) Representação das funções de pertinência para os termos lingüísticos nebulosos.

Assim temos, que $\tilde{A} = \{(f, \mu_{\tilde{A}}(f) \mid f \in F)\}$, onde \tilde{A} é a representação fuzzy da matriz de demanda, $\tilde{A} = (a_{ij})_{h \times m}$ e $\mu_{\tilde{A}}(f)$ é a função de pertinência representando o nível de importância dos fatores.

A Tabela abaixo representa os termos lingüísticos e seus pesos.

Tabela 1 – termos lingüísticos e seus pesos

Termos lingüísticos	Peso	a	m	b
Fator Crítico	1,0	0,8	1,0	1,0
Fator Condicionante	0,8	0,6	0,8	1,0
Fator Pouco Condicionante	0,6	0,4	0,6	0,8
Fator Irrelevante	0,4	0,0	0,4	0,6

Consideramos $B = \{B1, B2\}$ como alternativas de inspetores que operam o equipamento de ultra-som. Desta forma $\hat{G} = \{(f, \mu_{\hat{G}}(f) \mid f \in F)\}$, onde \hat{G} é a representação fuzzy da matriz de oferta e onde $\mu_{\hat{G}}(f)$ é a função de pertinência que representa.

Tabela 2 – termos lingüísticos e o grau de pertinência

Termos lingüísticos	Peso	a	m	b
Comportamento Ótimo	1,0	0,8	1,0	1,0
Comportamento Bom	0,8	0,6	0,8	1,0
Comportamento Regular	0,6	0,4	0,6	0,8
Comportamento Ruim	0,4	0,2	0,4	0,6
Comportamento Péssimo	0,2	0,0	0,2	0,4

e) Aquisição de conhecimento (elaborar os questionários e fazer a entrevista).

Elaborado o questionário, cada um deles terá que dar uma avaliação subjetiva sobre o comportamento dos PSFs em seus ambientes de trabalho.

f) Avaliação pelos especialistas do grau de importância fuzzy de cada fator que afeta à confiabilidade humana.

Os dados obtidos através de questionários são apresentados na tabela 2. Os nove especialistas (A, B, C, D, E, F, G, H, I) expressaram a sua opinião sobre o nível de importância de cada atributo de confiabilidade.

g) Estruturar a matriz de oferta em um ambiente específico através da avaliação pelos inspetores do comportamento destes fatores.

Dois inspetores (B1 e B2) avaliaram o ambiente onde executam os ensaios tipo ultra-som (*ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo*).

h) Determinação do grau de importância *fuzzy* de cada atributo identificado na primeira etapa (função de agregação de opiniões) estruturandose a matriz de demanda (o padrão de confiabilidade do ensaio).

Existem vários métodos para agregar as opiniões individuais, por exemplo, a média, a mediana, o operador **max**, o operador **min** e os operadores misturados (BUCLEY, 1984). Neste caso, as opiniões individuais são agregadas (operação com os números fuzzy triangulares) através da média usando as fórmulas (2).

$$a_t = \sum_{j=1}^n a_{ij} / n ; m_t = \sum_{j=1}^n m_{ij} / n ; b_t = \sum_{j=1}^n b_{ij} / n , \quad (2)$$

4. Resultado

Na Tabela 3, está a avaliação feita pelos especialistas com relação ao nível de importância de cada fator e a dos inspetores com relação ao comportamento de cada um dos fatores em diferentes ambientes de inspeção. Aqui são mostrados os resultados referentes a 9 fatores escolhidos aleatoriamente.

Tabela 3 – Tratamento nebuloso das opiniões dos especialistas e dos inspetores.

59 Fatores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Ag (a _t , m _t , b _t)	B1	B2
Iluminação	1,0	0,6	0,6	1,0	0,8	0,6	0,8	0,4	1,0	0,45;0,76;0,88	0,8	0,8
Ruído	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,6	1,0	0,6	1,0	0,64;0,84;0,95	0,4	0,4
H. de trabalho	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	0,68;0,89;1	0,8	0,8
Experiência	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,71;0,93;1	0,8	0,8
Treinamento	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,77;0,98;1	0,6	0,6
Medo de falhar	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	0,73;0,93;1	0,4	0,8
Monotonia	1,0	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,57;0,78;0,93	0,6	0,2
.....												
.....												
Radiações	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	0,71;0,91;1	1,0	0,8
Movimentos	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,66;0,87;0,97	1,0	0,8
Índice esperado											0,82	0,78

Se comparamos os valores obtidos pela defuzificação, o inspetor B1 apresenta um índice de confiabilidade humana esperada maior. O valor de 0,82 se classifica entre “Bom” y “Ótimo”. É um índice bom que começa a ganhar pertinência dentro do conjunto nebuloso “Ótimo”.

No caso do inspetor B2, o valor de pertinência 0,78 não chega a significar um índice de confiabilidade humana “Bom”. É um índice regular que começa a ganhar pertinência dentro do conjunto nebuloso “Bom”. Neste caso o inspetor que a ser selecionado para a realização de ensaios não destrutivos ultra-sônicos deverá ser B1.

5. Conclusões

No presente trabalho propusemos a utilização da teoria dos conjuntos *fuzzy* para a avaliação e seleção de candidatos a realização de uma atividade específica – técnica de ensaios não destrutivos do tipo ultra-sônicos. Inicialmente tratamos 59 fatores que influem no comportamento deste inspetor. A medição das importâncias e do comportamento destes fatores é realizada em uma escala lingüística usando-se informações de especialistas de elevado nível de hierarquia e dos inspetores que são os candidatos a ser selecionado.

Como resultado do tratamento matemático de medidas subjetivas obtemos um índice de confiabilidade humana, esperado para cada um dos inspetores candidatos. O índice maior representa um melhor atendimento aos requisitos do padrão de qualidade do ensaio que representa os requisitos de um candidato ideal. Desta forma, num processo de seleção de candidatos para uma atividade específica, a teoria dos conjuntos fuzzy constitui numa ferramenta heurística que auxilia o processo de tomada de decisões.

Referências

- BUCKLEY, J.J. - The multiple judges, multiple criteria ranking problem: A fuzzy set approach. *Fuzzy sets and Systems*. Vol. 13, p.25-37. 1984.
- CAMPION, M.A. - Personnel selection for physically demanding jobs: Review and recommendations. *Personnel Psychology*. Vol. 36, p.527-549. 1983.
- CHEN Ling-Show, CHENG Ching-Hsue. - Selecting IS personnel use fuzzy GDSS based on metric distance method. *European Journal of Operational Research*. Vol.160, p.803-820. 2005.
- COX, E., TABER, R., O'HAGAN, M - **The Fuzzy Systems Handbook**. AP Professional, Paperback, 2nd Bk&Cd edition. 1998.
- GIGCH, J. P., PIPINO, L. L. From absolute to probable to fuzzy in decision making. *Kybernetes*, v. 19, p.47- 55, 1980.
- GIL Aluja, J. - **La gestión interactiva de los recursos humanos en la incertidumbre**. Editorial Centro de Estudios "Ramón Areces", S.A., Madrid. 1996.
- KORHONEN, P., TAINIO, R., WALLLENIOUS, J. - Value efficiency analysis of academic research. *European Journal of Operational Research*. Vol. 130, p.121-132. 2001.
- KORVIN A., SHIPLEY M.F., KLEYLE R. - Utilizing fuzzy compatibility of skill sets for team selection in multi-phase projects. *Journal of Engineering and Technology Management*. Vol. 19, p. 307-319. 2002.
- LIANG Gin-Shuh., WANG Mao-Jiun - Personnel Selection using MCDM algorithm. *European Journal of Operational Research*. Vol.78, p. 22-33. 1994.

MORÉ, J.D. - A fuzzy approach to evaluation the human reliability in the ultrasonic nondestructive examinations, unpublished **Doctoral dissertation**, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE), Department Materials and Metallurgical Engineering., Brazil. 2004.

NOCKEMANN C.M, - Basic Ideas of the American-European Workshops 1997 in Berlin and 1999 in Boulder. In *15 th WCNDT, Roma*. 2000.

PREBLE, J. F. - The selection of Delphi panels for strategic planning purposes. *Strategic Management Journal*. Vol.5, p.157-170. 1984.

PARSAYE, K. e CHIGNELL, M. **Expert systems for experts**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

PROVAN, J. W., **Probability fracture mechanics and reliability**, Aeronautics Industry Press. 1989.

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

SENDERS, J.W, MORAY, N. P - **Human Error, Cause, Prediction, and Reduction**, Lawrence Erlbaum. Hillsdale, NJ, 1991.

SHIPLEY M.F., DYCKMAN, C., KORVIN A. - Project Management: using fuzzy logic and the Dempster-Shafer Theory of Evidence to select team members for the project duration. In: Dave, R., Sudkamp, T. (Eds.), *Proceedings of the 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS): Real World Applications of Fuzzy logic and Soft Computing*. p.640-644, 1999.

STEPHENS H. M.- NDE Reliability – Human Factors – Basic Considerations. In *15 th WCNDT, Roma*, 2000.

SWAIN A.D., GUTMANN, H.E - **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications**, NUREG/CR-1278, USNRC, 1983.

ZADEH, L. A- **Fuzzy Sets, Information and Control**, p.338-353, 1965.

ZADEH, L. A - Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 1, p3-28, 1978.

COMPETENCE EVALUATION AND QUALIFIED STAFF SELECTION IN SPECIFIC ACTIVITIES – APPLICATION OF A MODEL BASED IN FUZZY LOGIC

Abstract

This article has as its objective to show the application of a model based on fuzzy logic, which offers support on decision making process for the evaluation of skills and qualified staff selection for performance of specific activities, in our case, evaluation in non-destructive trials by ultrasound (END). Considering skills as a repertoire of behavior that individuals and/or organizations dominate, it is necessary to establish a systematic process, with specific methodology, capable of measuring and comparing, in order to identify the best competence and selection of staff. In the examined case, it is estimated that skills and human behavior are responsible for 50% to 80% of technological accidents occurred, and that the relative rate of detection of the defect during the inspection is approximately 50%. The methodological procedure used consisted in identifying 59 incidence factors in the human behavior. These were evaluated from linguistic terms by experts and by the inspectors. As a result, were identified the most important aspects to the human reliability in the execution of activities, allowing the organization to make their choice with greater confidence.

Key-words: *Fuzzy Logic; Performance of Specific Activities; END.*