

Metodologia Multicritério na Avaliação de Custos na Segurança do Trabalho

José Fabiano da Serra Costa¹, fabiano@ime.uerj.br

Lizzie Bessa Risicato², lizzie_uerj@yahoo.com.br

Cristiane Assin Torres³, cristianetorres@uol.com.br

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

² Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, Brasil

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

*Recebido: Janeiro, 2006 / Aceito: Maio, 2006.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é criar uma escala hierárquica de avaliação para situações relacionadas a perdas e custos dos acidentes de trabalho. Dessa forma, são discutidos diversos aspectos da segurança do trabalho, apontadas conseqüências e uma série de variáveis ligadas a custos oriundos dos acidentes de trabalho sob o enfoque empresarial. Para construção da escala única é utilizado um modelo baseado em uma metodologia multicritério e, são mostrados a análise de consistência e os resultados.

Palavras-Chave: Engenharia de Segurança. Metodologia Multicritério. Acidentes de Trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Num mundo cada vez mais globalizado a competitividade industrial se torna não apenas uma característica empresarial, mas principalmente, uma exigência do mercado consumidor. Mercados emergentes passam a cada dia exigir mais e melhores produtos, certificados quanto a origem, segurança e qualidade. As empresas dessa forma passam a ser analisadas e investigadas sob diversas óticas tais como situação financeira, posição no mercado, marketing, respeito às normas ambientais, direito do consumidor, segurança do trabalho e responsabilidade social.

Com a evolução do ser humano e com o avanço da tecnologia os acidentes decorrentes do trabalho vêm apresentando uma melhora considerável, isso porque as empresas e seus dirigentes vêm procurando buscar técnicas mais avançadas, equipamentos sofisticados, além de campanhas de prevenção, de modo que se reduza cada vez mais o risco de acidente no trabalho. As empresas vêm buscando a excelência em todos os sentidos, objetivando uma maior lucratividade, e dessa forma se preocupando com

a saúde e o bem estar de seus empregados, procurando investir cada vez mais em treinamento e conscientização da importância de seguirem à risca as orientações da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes). A CIPA é uma comissão composta por representantes do empregador e dos empregados, e tem como missão a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores e de todos aqueles que interagem com a empresa.

Atualmente a proteção ao trabalhador é uma grande preocupação em todos os países industrializados. Investimentos em melhoria da segurança no local de trabalho podem trazer, nesse sentido, vantagens econômicas para as empresas, os trabalhadores e a sociedade. Os acidentes de trabalho e as doenças profissionais são responsáveis por elevados custos ao Estado e às empresas. A prevenção de acidentes de trabalho não só reduz os custos, como também contribui para melhorar o desempenho e a imagem da empresa.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) iniciou, em 1976, o programa para o melhoramento das condições e do meio ambiente do trabalho (PIACT), com a implantação de medidas de segurança, na América Latina. Com o lançamento desse programa, observou-se queda dos índices dos acidentes de trabalho entre os segurados pela Previdência Social, segundo estatísticas oficiais. Dessa forma, além de evitar os conhecidos prejuízos sociais e humanos, as empresas que implementaram esse programa tiveram significativa redução dos prejuízos econômicos (continuidade e melhoria da qualidade da produção, eliminação de desperdícios). Entretanto em 2002, foi registrado um aumento aproximado de 15% em relação a 2001 em número de acidentes de trabalho (PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2004).

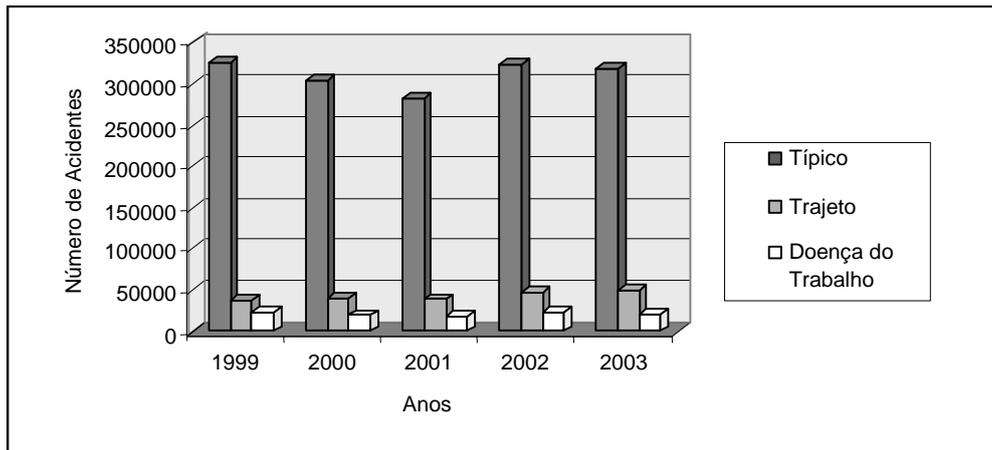
O objetivo desse trabalho, dada a importância e contemporaneidade do assunto, é propor a utilização de uma escala de comparação de instrumentos de perdas e custos no que diz respeito às consequências dos acidentes de trabalho como método de análise e diagnóstico da performance das empresas. Dessa forma, uma Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão é empregada para criar um modelo hierárquico consistente capaz de relacionar empresas de uma mesma atividade sob a ótica da segurança no trabalho.

2. ACIDENTE DE TRABALHO X CUSTOS

O acidente do trabalho ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou pelo exercício do trabalho de segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, permanente ou temporária, que cause a morte, a perda ou redução da capacidade para o trabalho. São considerados acidentes do trabalho:

- acidentes típicos - acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado.
- acidentes de trajeto - acidentes ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa.
- acidentes devidos à doença do trabalho - acidentes ocasionados ou desencadeados por qualquer tipo de doença profissional, peculiar a determinado ramo de atividade constante na tabela da Previdência Social (PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2004).

A figura 1 apresenta a evolução dos acidentes de trabalho no Brasil de acordo com o motivo no período de 1999 a 2003, segundo dados da PREVIDÊNCIA SOCIAL (2004). Importante destacar que o número de acidentes típicos (que ocorrem em maior frequência em relação aos demais) tem queda em 2000 e 2001 voltando a crescer em 2002 e que o total de acidentes no período de cinco anos chega a 1.875.190.



Fonte: Previdência Social (2004)

Figura 1: Acidentes de trabalho de acordo com o motivo

Os riscos de ocorrência de acidentes variam para cada atividade econômica, em função de tecnologias utilizadas, condições de trabalho, características da mão-de-obra e medidas de segurança adotadas. Então, ocorrido um acidente, suas conseqüências podem ser:

- assistência médica - o trabalhador recebe atendimento médico e retorna imediatamente às suas atividades.
- incapacidade temporária - o trabalhador fica afastado do trabalho por um período, até que esteja apto para retomar sua atividade profissional.
- incapacidade permanente - o trabalhador fica incapacitado (total ou parcialmente) de exercer a atividade profissional que exercia a época do acidente.
- óbito - o trabalhador falece em função do acidente.

Os custos dos acidentes do trabalho atingem a empresa, o trabalhador e a sociedade (RISICATO e TORRES, 2005). Geralmente o trabalhador e sua família sofrem os maiores prejuízos (incapacidade para o trabalho, morte, danos físicos, psíquicos e morais). Os custos da Previdência Social são altos, considerando os gastos com benefícios, pensões, despesas de recuperação e reintegração no mercado de trabalho. As empresas perdem social e financeiramente com os acidentes. Entre os custos mais óbvios estão: o tempo perdido, as despesas com os primeiros socorros, a destruição de equipamentos e materiais, a interrupção da produção, o treinamento de mão-de-obra, a substituição de trabalhadores, o pagamento de horas extras, a recuperação dos empregados, os salários pagos aos trabalhadores afastados e os gastos com engenharia de reparação.

Há, entretanto custos menos óbvios: o adicional pago a trabalhadores em condições perigosas, o pagamento de altos prêmios de seguros, a imagem da empresa, as ações por danos morais, a perda de certificados de qualidade. Ao afetar o custo de produção, os acidentes do trabalho levam as empresas a aumento de preços, o que pode prejudicar a sua competitividade, a receita tributária e o desempenho da economia.

Uma maneira de referenciar os custos de acidentes de trabalho é realizar uma avaliação econômica, que pode ser feita a vários níveis: do próprio trabalhador, da empresa e da sociedade. Apesar de não existir uma lista conclusiva dos fatores de custos no assunto, não é difícil estabelecer um conjunto mínimo de fatores capazes de serem complementados ou alterados conforme o objetivo da avaliação. Uma das principais atividades de qualquer avaliação econômica consiste na composição da lista dos fatores de custo. Os resultados deverão sustentar o processo de tomada de decisões, mas o próprio processo de avaliação é também relevante do ponto de vista da aprendizagem (PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2004).

Conhecidos os riscos, é fundamental que as empresas procurem minimizá-los, através de medidas preventivas. Reunir um conjunto de estatísticas confiáveis, que permita calcular os indicadores pode ser considerado um fator primordial no sentido de prevenir os acidentes (CASTRO *et al*, 2002). A tabela 1 apresenta os o número de acidentes por região no Brasil no período de 1997 a 2002.

Tabela 1: Número de Acidentes por Região no Brasil entre 1997 e 2002.

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-oeste	Total
1997	6155	26046	239881	83209	13774	369065
1998	8582	27196	271499	91273	15791	414341
1999	9073	25401	250045	86606	16695	387820
2000	9417	26601	206275	84426	17277	343996
2001	11027	27059	198118	84411	19636	340251
2002	12829	33098	225078	94015	22885	387905
Total	57083	165401	1390896	523940	106058	2243378

Fonte: Previdência Social (2004)

3. METODOLOGIA MULTICRITÉRIO

A partir da década de 70 a eficiência dos modelos ortodoxos de Pesquisa Operacional em análises de problemas gerenciais complexos começou a ser questionada. A idéia dominante na década anterior de que todos ou quase todos os problemas de decisão poderiam ser resolvidos por essas técnicas começa a se mostrar incompleta. Um novo paradigma dos anos 80 e 90 sugere que não mais se deve analisar problemas procurando uma solução ótima, e sim gerar projetos e soluções de compromisso que permitam ultrapassar a confusão que cerca as situações problemáticas empresariais (ACKOFF, 1979).

Entre as abordagens que surgiram como resposta a essas questões, podemos destacar a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão, que consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, sob a influência da multiplicidade de critérios. A aplicação de qualquer método multicritério pressupõe a necessidade de especificação anterior, dos objetivos pretendidos pelo decisor, quando da comparação de alternativas do problema (BANA E COSTA, 1992).

A distinção entre as metodologias multicritérios e as metodologias tradicionais de avaliação é o alto grau de incorporação dos valores subjetivos dos especialistas nos modelos de avaliação, permitindo que uma mesma alternativa seja analisada de forma diferente de acordo com os critérios de valor individuais de cada especialista. Dessa forma a tomada de decisão pode ser vista como um esforço para tentar resolver problemas de objetivos muitas vezes conflitantes, cuja presença impede a existência de uma solução ótima e conduz a procura de uma solução de compromisso (ZELENY, 1994).

De fato, a utilização de uma Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão é bastante interessante em problemas complexos onde existam diversos decisores, com pontos de vista fundamentais (ROY e VANDERPOOTEN, 1996) no processo decisório, de difícil mensuração, além de em muitos dos casos utilizar variáveis de ordem qualitativa.

Segundo MARTINEZ (1998) uma análise de apoio à decisão multicritério compreende os seguintes elementos envolvidos:

- Um conjunto finito de alternativas estáveis;
- Uma família de critérios de avaliação (atributos);
- Uma matriz de decisão;

- Uma metodologia ou modelo de agregação;
- Um processo de tomada de decisão.

Na Engenharia de Produção, tais técnicas são de grande importância principalmente na avaliação de projetos industriais e tecnológicos, e tem sido usadas com êxito nas questões relativas à planejamento estratégico, localização industrial, impacto ambiental, qualidade de serviços e sistemas de apoio à decisão em geral, sempre que para a tomada de decisão necessitarmos ouvir a opinião de um grupo seletivo de especialistas, sobre determinadas ações e suas conseqüências.

Dessa forma, quando, por exemplo, se pretende julgar determinadas ações, uma das maiores dificuldades é a avaliação dos atributos inerentes às mesmas. Para tanto é necessário criar métodos de hierarquização de tais atributos. Muitos métodos são utilizados para a construção de escalas baseadas em avaliações subjetivas (KRUSKAL e WISH, 1978). Boa parcela dessas metodologias de múltiplos critérios utiliza a opinião de especialistas que contribuem através de comparações paritárias dos atributos e alternativas envolvidos na questão.

A alternativa que pretendemos mostrar é uma metodologia multicritério, de fácil aplicação no caso específico de matrizes decisórias. Tem como origem o trabalho desenvolvido por CRAWFORD e WILLIAMS (1985), e se baseia na utilização sucessiva da média aritmética e da média geométrica, tendo como vantagem em relação às tradicionais técnicas de grupo o fato de não necessitar reunir os especialistas num mesmo ambiente decisório, evitando demanda de tempo e custos operacionais de ordem razoável.

Considerando-se os atributos E_1, E_2, \dots, E_n , que contribuem para a consecução de um dado objetivo, a metodologia se fundamenta em uma comparação da importância relativa entre os pares de atributos, sempre atribuindo maior peso ao atributo que julgemos mais importante hierarquicamente. A análise comparativa deverá se realizar aos pares de atributos, onde devemos identificar dentro de uma escala, a distância em importância entre os diversos atributos. As comparações paritárias deverão ser feitas com base em questionamento aos decisores (no caso, especialistas), que seguirão normas pré-estabelecidas para a atribuição de valores. Dessa forma, cada especialista construirá uma Matriz de Julgamento do tipo:

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} ,$$

onde a_{ij} representa a importância relativa do atributo E_i em relação ao atributo E_j , de modo que $a_{ij} > 1$, se e somente se E_i for mais importante que E_j e, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ para qualquer par (i,j) .

Diversas alternativas para conjugar as informações fornecidas pelos diferentes avaliadores já foram propostas, e muitas delas chegam a valores muito próximos da consistência. De toda forma o que interessa é que as propriedades básicas da matriz recíproca e positiva sejam mantidas, ou seja $a_{ij} \times a_{ji} = 1$ para todo i,j e ainda, se E_i for K_1 vezes mais importante que E_j e, este K_2 vezes mais importante que E_k , então E_i deve ser $K_1 \cdot K_2$ vezes mais importante que E_k (o que chamamos de transitividade).

Após colhidas as matrizes individuais, uma alternativa para conjugar as informações fornecidas pelos diferentes avaliadores é dada pela média aritmética das matrizes individuais, pela Matriz Média Aritmética, da forma:

$$a_{ij} = 1/m \sum_{k=1}^m a_{ijk} ,$$

onde m é o número de avaliadores e a_{ijk} é o valor proposto para a_{ij} pelo k -ésimo especialista.

Ocorre que os a_{ij} médios não respeitam as propriedades desejadas. Para resolver essa questão, sugere-se a construção de uma nova matriz (Matriz Média Geométrica) formada a partir da equação:

$$c_{ij} = v_i / v_j ,$$

onde $v_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{1/n}$ e, $i=1,2,\dots,n$, ou seja, v_i é a média geométrica dos a_{ij} .

Então, satisfazendo as propriedades citadas chegamos a uma distribuição de pesos por atributos onde v_1 é o peso indicativo ao atributo E_1 , v_2 é o peso indicativo ao atributo E_2 , e sucessivamente, de modo que v_i é o peso indicativo ao atributo E_i .

De uma forma geral, de posse dos atributos hierarquicamente distribuídos, o que passa a nos interessar, é que as propriedades básicas da matriz recíproca e positiva sejam mantidas, e também a consistência da matriz resultado final, de modo que possamos afirmar que, de posse de $(n-1)$ comparações paritárias temos condições de deduzir as demais. Entretanto uma preocupação que devemos considerar diz respeito à consistência matemática dos resultados. Pode ocorrer que a matriz final, embora representativa da opinião dos especialistas, seja pouco consistente (respeite muito pouco as propriedades acima citadas).

4. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

A atividade metrológica em qualquer tipo de empresa se manifesta em todos os níveis. No nível operacional estão presentes as medições de caráter técnico, nas quais as grandezas são: massa, tempo, temperatura, etc. No nível tático, devido à preocupação com o controle dos processos as grandezas de interesse se concentram sobre a produção: sua qualidade e sua quantidade. No nível estratégico das organizações, as preocupações com os resultados dos negócios fazem surgir medições que se preocupem com o nível de ocupação da empresa no mercado.

Entretanto, qualquer que sejam o nível e a importância das decisões dentro de uma empresa, essas devem estar suportadas por medidas confiáveis, precisas (grau de concordância entre os valores individuais das medições), exatas (grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor tido com verdadeiro) e rastreáveis (estar relacionada a referenciais estabelecidos através de uma cadeia contínua de comparações). A não existência de uma estrutura que identifique e gerencie o conjunto de medições do sistema coloca em risco a qualidade das ações (decisões) a serem tomadas a partir delas (OLIVEIRA, 1998).

A consistência de qualquer tipo de medida não pode ser garantida. Todas as medidas, mesmo aquelas que fazem uso de instrumentos, por mais sofisticados que esses sejam, estão sujeitas a erros, sejam erros experimentais ou erros de instrumento de medição. O que nos leva a necessidade de monitorar a forma e o grau de extensão da ocorrência de tais erros.

Um exemplo simples da consequência do erro na análise de atributos inerentes a consecução de um dado objetivo pode ocorrer quando da pesagem desses atributos. Pode-se ocasionalmente encontrar que o atributo A é mais pesado que o atributo B, e que o atributo B é mais pesado que o atributo C, mas que o atributo C é mais pesado ou igualmente pesado que o atributo A. Esse é um caso muito comum em análise hierárquica utilizando uma metodologia multicritério e, geralmente, é devido a grande quantidade de atributos envolvidos no problema ou a proximidade da importância relativa dos mesmos. Nessa situação, pode ocorrer quando os pesos dos atributos A, B e C são muito próximos, e o instrumento de medição não tem precisão suficiente para distinguir entre eles. Nesse caso os resultados obtidos se tornariam ineficazes aos objetivos do modelo, de nada ajudariam na tomada de decisão. Um efeito sério e danoso desses erros é que podem, muitas das vezes, levar a resultados inconsistentes (SAATY, 1991). Mas a consistência perfeita na

medida é difícil de ser encontrada na prática; então o que se torna necessário é de um método capaz de avaliar a importância dessa precisão em um problema específico.

No nosso caso especificamente, o que chamamos inconsistência é uma violação da proporcionalidade, que pode vez por outra significar violação da transitividade. Segundo SAATY (1991), a consistência de uma matriz recíproca e positiva é equivalente a que seu autovalor máximo (GRAYBILL, 1983) seja igual ao número de atributos envolvidos no modelo, ou seja: quanto mais próximo estiver o autovalor máximo do número de atributos do modelo, maior será a coerência dos julgamentos, assim se espera que, numa situação ideal: $\lambda_{\text{máx}} = n$, onde $\lambda_{\text{máx}}$ = autovalor máximo e n = número de atributos envolvidos no modelo.

Também é possível estimar um desvio de consistência pelo resultado da divisão do valor de $(\lambda_{\text{máx}} - n)$ por $(n - 1)$. Alguns autores (DIAS *et al*, 1996) preferem utilizar o módulo da diferença entre o número de atributos envolvidos no modelo e o autovalor máximo $(|n - \lambda_{\text{máx}}|)$. De qualquer modo, segundo SAATY (1991) a medida da má consistência poderá ser estimada quando compararmos o valor $(\lambda_{\text{máx}} - n) / (n - 1)$, que chamamos Índice de Consistência (IC), com valores escolhidos de julgamentos aleatórios e seus recíprocos correspondentes, nas posições reversas de uma matriz de mesmo tamanho. A essa medida dá-se o nome Razão de Consistência, de tal forma que: $RC = IC / IR$, onde IR é o Índice (de Consistência) Randômico de uma matriz recíproca e positiva gerada randomicamente e, deve variar de acordo com a ordem de cada matriz, como podemos verificar na tabela 2.

Tabela 2. Índice de Consistência Randômico.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IR	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

Fonte: Saaty (1991)

Então, quanto mais próximo de zero for essa razão, mais próxima de ser consistente estará a matriz. Entretanto é razoável que se a razão for menor que 0,10, podemos considerar boa a consistência. Uma justificativa matemática para que o valor da Razão de Consistência (RC) deva ser satisfatório caso menor que 0,10 pode ser encontrada em VARGAS (1982).

Uma maneira de calcular a estimativa do Autovalor Máximo é dada por:

$$\lambda_{\text{máx}} = T \cdot w,$$

onde T é o somatório das colunas da matriz C e w é o autovetor normalizado para $\sum v_i = 1$.

De posse do Autovalor Máximo estimado, o Índice de Consistência então é calculado por:

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1),$$

onde n é o número de atributos do modelo (ordem da matriz).

A partir do IC calculado encontramos a Razão de Consistência comparando com o valor da tabela 1:

$$RC = IC / IR,$$

onde IR é o índice de consistência randômica, e é obtido na tabela 1 em função do valor de n.

Dessa forma, se RC for menor que 0,10, a matriz é considerada consistente.

4. RESULTADOS

Segundo o Regulamento da Organização e do Custeio da Seguridade Social - ROCSS (Decreto 2.173 de 05/03/97) o Ministério da Previdência e Assistência Social pode autorizar uma empresa a reduzir em até cinquenta por cento suas alíquotas de contribuição, desde que a empresa invista na melhoria das condições de trabalho, buscando a prevenção

e a redução dos agravos à saúde no trabalho. Nesse sentido, visando à diminuição de custos da Previdência Social, CASTRO *et al* (2002) desenvolvem um modelo com base em scores e percentis para a construção de um indicador único a partir dos índices de frequência, gravidade e custo, tendo como objetivo permitir o estabelecimento de um ordenamento único das atividades econômicas segundo o risco de acidentes de trabalho.

O modelo que pretendemos apresentar diferencia-se pelo enfoque voltado para a questão empresarial, o que pode ser facilmente notado na análise das variáveis envolvidas (perdas de certificados de qualidade, matéria prima, tempo ocioso) sem, no entanto negligenciar os fatores ligados à frequência e gravidade (salários pagos a trabalhadores afastados, recuperação dos empregados) além de utilizar metodologia multicritério na elaboração dos pesos atribuídos aos indicadores. O uso de uma matriz multicritério baseada na opinião de especialistas, pessoas fortemente envolvidas no tema, permite-nos criar um índice comparativo entre os itens ou ações a serem avaliados.

Alguns autores têm investigado detalhadamente as conseqüências dos acidentes do trabalho (CASTRO *et al*, 2002; RISICATO e TORRES, 2005; SALEN NETO, 2001; BARTOLOMEU, 2002). Realizando uma análise desses trabalhos, no que diz respeito a custos para as empresas, podemos listar algumas das conseqüências que são apontadas com maior frequência. Entre os citados com maior participação no assunto, relacionamos sem ordem de prioridades, os seguintes instrumentos: perda de certificados; interrupção da produção (tempo de produção perdido); despesas com os primeiros socorros/ salários pagos aos trabalhadores afastados/ recuperação dos empregados; perdas de equipamentos e materiais/ gastos com engenharia de reparação; retreinamento de mão-de-obra / substituição de trabalhadores / pagamento de horas extras. A tabela 3 mostra os instrumentos na ordem em que foram encaminhados.

Tabela 3: Instrumentos no questionário

INSTRUMENTO	E _i
Perda de certificados	E ₁
Interrupção da produção / Tempo de produção perdido	E ₂
Despesas com primeiros socorros/ Salários pagos a trabalhadores afastados/ Recuperação dos empregados	E ₃
Perdas de equipamentos e materiais/ Gastos com engenharia de reparação	E ₄
Retreinamento de mão-de-obra /Substituição de trabalhadores / Pagamento de horas extras	E ₅

Em seguida, enviamos a um grupo de doze especialistas, através de questionários individuais nos quais pedimos que construíssem suas matrizes de prioridades, comparando dois a dois os atributos envolvidos, se possível, respeitando as propriedades de reciprocidade e de transitividade. Cabe esclarecer que, para formar o grupo de especialistas recorreremos a um grupo de profissionais experientes atuantes na área de engenharia de segurança do trabalho.

Fizeram parte do grupo professores universitários da disciplina Engenharia de Segurança do Trabalho, membros da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) de empresas privadas e profissionais atuantes no mercado com pós-graduação em Segurança do Trabalho. Dessa forma foram encaminhados os questionários com as indicações necessárias a construção da matriz individual de avaliação, incluindo a escala de comparação a ser utilizada, apresentada em SAATY (1991) e, todas as informações cabíveis.

Embora não seja imprescindível, a vantagem da utilização de uma escala de comparação é a de evitar flutuações discrepantes no modelo. Depois de colhidas e devidamente trabalhadas, as matrizes individuais dos especialistas geraram, de acordo com as etapas do método já mostradas, uma matriz média aritmética, com diagonal unitária,

conforme a tabela 4. Vale mencionar que para efeito cálculo foram usadas seis casas decimais.

Tabela 4: Matriz Média Aritmética

E_i	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
E_1	1	2.53	1.07	1.56	2.44
E_2	1.20	1	0.98	2.67	2.67
E_3	3.20	2.22	1	2.89	3.00
E_4	2.09	0.53	0.76	1	1.56
E_5	1.29	0.44	0.42	1.11	1

Como pode ser visto, a matriz da Tabela 4 já não conserva as propriedades iniciais da matriz recíproca e positiva e, portanto na etapa seguinte passamos a construção da chamada Matriz Média Geométrica (Tabela 5), seguindo as instruções do método proposto.

Tabela 5: Matriz Média Geométrica

E_i	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
E_1	1	1.04	0.70	1.51	2.08
E_2	0.96	1	0.67	1.45	1.99
E_3	1.43	1.49	1	2.16	2.97
E_4	0.66	0.69	0.46	1	1.37
E_5	0.48	0.51	0.34	0.73	1

Repare que a Matriz Média Geométrica (Tabela 5) mantém as propriedades da matriz recíproca e positiva como pretendíamos, e dessa forma podemos listar os pesos indicativos relacionados a cada atributo, por ordem decrescente de prioridade conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Pesos Atribuídos aos Instrumentos.

E_i	INSTRUMENTOS	PESOS
E_3	Despesas primeiros socorros/ Salários a trabalhadores afastados/ Recuperação dos empregados	2.28
E_1	Perda de certificados	1.59
E_2	Interrupção da produção / Tempo de produção perdido	1.53
E_4	Perdas de equipamentos e materiais/ Gastos com engenharia de reparação	1.06
E_5	Retreinamento de mão-de-obra /Substituição de trabalhadores /Pagamento de horas extras	0.77

Na tabela 7, encontra-se a análise da consistência dos resultados obtidos no modelo. É fácil perceber que o valor encontrado para a estimativa do autovalor máximo ($\lambda_{m\acute{a}x}$) é o número de atributos envolvidos no modelo (ordem da matriz) e, isso praticamente garante a consistência. Entretanto, todos os valores foram calculados confirmando a consistência dos resultados. O valor encontrado para o autovalor máximo pode apresentar pequenas variações tendo em vista se tratar de uma estimativa para o mesmo, entretanto isso não deve comprometer em nada o desempenho do modelo.

Tabela 7: Análise de Consistência.

ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA	
Autovalor Máximo ($\lambda_{\text{máx}}$)	5,00
Índice de Consistência (IC)	0.00
Índice Randômico (IR)	1,12
Razão de Consistência (RC)	0,00

Como o valor encontrado para a Razão de Consistência foi zero, logo muito inferior a 10%, podemos considerar os resultados muito consistentes.

5. CONCLUSÃO

A busca por melhorias nas condições de segurança do trabalho é uma questão que deve mobilizar toda a sociedade, dado que seus benefícios são amplos e de alcance não apenas econômicos (governo e empresas), mas sociais e fundamentalmente humanos. Ainda que não possa ser considerado abrangente, o modelo aqui apresentado pode vir a colaborar para enriquecer o debate do assunto de maneira proveitosa.

A escala hierárquica resultante da aplicação do método pode ser utilizada, por exemplo, na obtenção de um ranking dos custos dos acidentes de trabalho dentro de uma empresa ou mesmo em uma comparação entre empresas de mesma área com base na classificação nacional de atividades econômicas (CNAE). Nesse caso, bastaria que os valores fossem normalizados em relação a alguns índices, tais como, número de horas trabalhadas e número de trabalhadores envolvidos no processo, sempre considerando certo período de tempo. Longe de poder ser visto como um produto acabado, esse modelo tem a intenção de ser mais uma contribuição no sentido da busca pela melhoria da qualidade na área de segurança do trabalho.

Na análise do exemplo aqui exposto, podemos verificar que como desejávamos estão satisfeitas as propriedades indispensáveis ao objetivo do método (reciprocidade e transitividade), ou seja, pela análise da consistência verificamos se tratar de resultados excelentes. Ainda sobre o exemplo, podemos destacar que a diferença entre a maioria dos pesos encontrados para os atributos da matriz resultado não é substancial, o que se explica devido ao fato de todos os atributos serem considerados inegavelmente de grande importância para o problema. Dentro de tal ótica, o modelo se mostrou confiável, de fácil aplicação, atingindo os objetivos intencionados de maneira rápida e eficiente.

Dessa forma, a metodologia se mostra altamente interessante devido à possibilidade de tratar quantitativamente variáveis eminentemente de ordem qualitativa e subjetiva, além de ser de mais fácil aplicação do que a maioria dos métodos tradicionais de técnicas de grupo, não necessitando reunir especialistas em um mesmo ambiente decisório.

6. REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L. Resurrecting the Future of Operational Research. **Journal of Operational Research Society**. vol. 30, 3, 189-199. 1979.
- BANA E COSTA, C.A. **Structuration, Construction et Exploitation d'un Modèle Multicritère d'Aide à la Decision**, Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas) Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Portugal. 1992.
- BARTOLOMEU, T. A. **Modelo de Investigação de Acidentes do Trabalho baseado na Aplicação de Tecnologias de Extração de Conhecimento**, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis. 2002

- CASTRO, M. C., ÁVILA, J. B. C., MAYRINK, A. L. V. Metodologia para cálculo de indicadores de acidentes do trabalho e critérios para avaliação, controle e reenquadramento dos ramos de atividade econômica segundo o grau de risco. Brasília: **MPAS**. 2002.
- CRAWFORD, G., WILLIAMS, C. The Analysis of Subjective Judgement Matrices, **The Rand Corporation R- 2572-1-AF**, USA. 1985.
- DIAS, L.M.C., ALMEIDA, L.M.A.T., CLÍMACO, J.C.N. **Apoio Multicritério à Decisão, Faculdade de Economia**, Universidade de Coimbra, Portugal. 1996.
- GRAYBILL, F. A. **Matrices with Applications in Statistics**, California, USA: Wadsworth, Inc., 1983.
- KRUSKAL, J.B., WISH, M. **Multidimensional Scaling**, Beverly Hills, USA: Sage University Press. 1973.
- MARTINEZ, E.. Evaluacion y Decision Multicriterio: Una perspectiva. In: Martinez, E. e Escudey, M. **Evaluacion y Decision Multicriterio**. Santiago, Chile: Universidad de Santiago. 1998.
- PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Legislação e Estatísticas da Previdência Social**. Disponível em http://www.previdenciasocial.gov.br/pg_secundarias - Acesso em 2004.
- OLIVEIRA, S.T. **Sistema de Medição de Desempenho em Ambiente de Qualidade Total**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), – COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro. 1998.
- RISICATO, L. B.; TORRES, C. A. **Análise Estatística dos Acidentes de Trabalho no Brasil -1997 a 2002**. Monografia (Bacharelado em Estatística), Instituto de Matemática e Estatística), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ. 2005.
- ROY, B., VANDERPOOTEN, D. . The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works, **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, vol.5, n. 1, 22-38. 1996.
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Rio de Janeiro: Makrom Books, 2Ed. 1991.
- SALEN NETO, J. **Acidentes do Trabalho na Teoria e na Prática: Legislação e Inovações**, São Paulo: LTR, 2Ed. 2001.
- VARGAS, L.G. Reciprocal Matrices with Random Coefficients, **Mathematical Model**, vol. 3, 69-81, USA.1982.
- ZELENY, M. Six Concepts of Optimality. In: **TIM/ORSA Joint National Meeting**. USA, Boston. 1994.

Multicriteria Methodology in Evaluation of Occupational Safety Costs

José Fabiano da Serra Costa¹, fabiano@ime.uerj.br

Lizzie Bessa Risicato², lizzie_uerj@yahoo.com.br

Cristiane Assin Torres³, cristianetorres@uol.com.br

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

² Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, Brasil

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

*Received: January, 2006 / Accepted: May, 2006

ABSTRACT

The purpose of this article is to create a hierarchical scale to evaluate situations related to losses and costs due to work accidents. Therefore, several aspects of work security have been discussed and there have been pointed out consequences and a series of variables related to costs of work accidents, on the entrepreneurial focus. In order to build a unique scale, it has been used a model based on multicriteria methodology. The consistency analysis and the results are subsequently presented.

Keywords: Security Engineering. Multicriteria Methodology. Work Accidents.