

Avaliação do desempenho para escolha dos modos de transporte de carga com base na eco-eficiência

RESUMO

A avaliação de desempenho é uma atividade que merece destaque na gestão do transporte de carga. O transporte de alguns produtos, como os considerados perigosos, possui características importantes por impactarem em eficiência operacional e ambiental. O presente trabalho apresenta um processo de avaliação de desempenho e um modelo de decisão para escolher o modo de transporte mais adequado com base na eco-eficiência. Foi realizada uma pesquisa de campo com especialistas para que os mesmos, baseados em suas experiências e conhecimentos, indicassem um conjunto de atributos relevantes para o processo de avaliação. Os atributos foram hierarquizados segundo o grau de importância atribuído pelos respondentes do questionário aplicado, possibilitando o desenvolvimento das etapas do modelo proposto. Os resultados demonstram que o método utilizado é adequado, pois permite identificar o quanto a variável ambiental influencia na decisão a respeito do modo de transporte.

Palavras-chave: Transporte de Carga. Avaliação de Desempenho. Eco-eficiência.

1. INTRODUÇÃO

O setor de transportes é um dos principais componentes da cadeia de suprimentos, pois é ele quem faz a integração dos vários elos. Por outro lado, é responsável pela degradação do meio ambiente no que diz respeito a vários fatores como: emissão de gases poluentes, poluição sonora, intensa utilização de fontes de energia não renováveis, poluição dos rios e do solo por meio de vazamento dos produtos transportados, óleo lubrificante e combustíveis utilizados.

As organizações precisam cada vez mais conciliar os aspectos operacionais com as questões ambientais para que, ao mesmo tempo possam ser competitivas sem comprometer o meio ambiente. No caso do transporte isso é fundamental devido a sua importância nos processos produtivos e de transações comerciais.

O conceito de desenvolvimento sustentável adaptado ao enfoque empresarial dá origem ao conceito de eco-eficiência, que combina melhoria nos desempenhos ambiental e econômico das empresas (WBCSD, 2000). Para aplicar o conceito de eco-eficiência, as organizações precisam desenvolver instrumentos de controle e avaliação de seus resultados para a tomada de decisão e desenvolvimento de ações que aprimorem a eficiência de seus processos. Uma importante decisão é a escolha dos modos de transporte, que leva em consideração uma série de atributos, nem sempre de total conhecimento das empresas. No que se refere ao transporte dos produtos perigosos esta decisão se torna ainda mais complexa devido às características intrínsecas destes produtos que influenciam tanto nas questões ambientais como operacionais.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um modelo de tomada de decisão com relação à escolha do modo de transporte mais adequado sob a ótica da avaliação da eco-eficiência. A partir de uma pesquisa bibliográfica preliminar foi elaborada uma pesquisa de campo, que aplicou questionários a especialistas na área de transporte com a finalidade de identificar e escolher atributos que fossem relevantes ao processo de avaliação de desempenho. Foi possível identificar uma seleção de atributos e qual a sua influência no processo de tomada de decisão quanto à escolha modal, por meio de um exemplo prático.

2. BASE CONCEITUAL

O conceito de eco-eficiência reúne duas dimensões (economia e ecologia) para relacionar o valor do produto ou serviço com a influência ambiental de modo que se tenha maior valor agregado aos produtos e menores impactos ao meio ambiente (WBCSD, 2000; Kuosmanen e Kortelainen, 2005 apud Neto et al., 2006). A abordagem da eco-eficiência enfoca a utilização adequada de recursos materiais e energéticos, com o sentido de se reduzir custos e/ou de se maximizar lucros. Neste trabalho o conceito de eco-eficiência dá a base para a escolha dos atributos de desempenho, contribuindo para uma visão ambiental na avaliação e escolha do modo de transporte (WBCSD, 2000). Segundo D'agosto e Ribeiro (2004), a partir de medidas de eco-eficiência podem ser desenvolvidos os Programas de Gerenciamento de Eco-eficiência - PGEE que as usam para avaliar seus resultados e prover melhorias no sistema.

Neste contexto, as características dos produtos perigosos os tornam diferente de outros tipo de carga no que se refere ao tratamento da eco-eficiência. Produto perigoso é toda e qualquer substância que, dadas às suas características físicas e químicas, possa oferecer riscos a segurança pública, saúde de pessoas e meio ambiente, de acordo com os critérios de classificação da ONU, publicados através da Portaria nº. 204/97 do Ministério dos Transportes. Este risco aumenta quando este tipo de produto, dadas as suas características, é combinado com a atividade de transporte. Por isso, é importante avaliar o desempenho da atividade de transporte considerando a eco-eficiência.

3. MÉTODO DE ESCOLHA MODAL COM PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM TRANSPORTE

Um método para a escolha modal no transporte de produtos perigosos pode ser uma ferramenta importante para as organizações que querem atender a níveis de serviços estabelecidos com os clientes, a um custo apropriado e causando o mínimo impacto ao meio ambiente. Diferentes atributos de desempenho operacional são considerados pela literatura para auxiliar na escolha do modo de transporte, mas existem poucas referências a respeito dos atributos ambientais, especialmente ligados aos transportes. Neste caso, o presente trabalho baseia-se na seguinte situação problema: Qual seria uma seleção de atributos operacionais e ambientais que combinados poderiam auxiliar na escolha modal para o transporte de produtos perigosos sob a óptica da eco-eficiência?

3.1. MÉTODO DE ESCOLHA MODAL

A figura 1 apresenta uma síntese do método a ser considerado neste trabalho. Parte-se da identificação dos modos de transporte a serem avaliados, que podem ser todos os possíveis modos de transporte de produtos perigosos (rodoviário, ferroviário, aquaviários, dutoviário ou aéreo) ou um conjunto deles. Também se determinam as categorias de avaliação, no caso, desempenho operacional e ambiental por se avaliar eco-eficiência.

Como ponto de partida para a aplicação do processo de avaliação de desempenho realiza-se pesquisa bibliográfica para subsidiar a determinação das categorias, atributos e indicadores que serão considerados. A pesquisa de campo é utilizada para ratificar os atributos escolhidos e determinar os pesos (ponderação) dos aspectos e atributos que foram indicados na pesquisa bibliográfica.

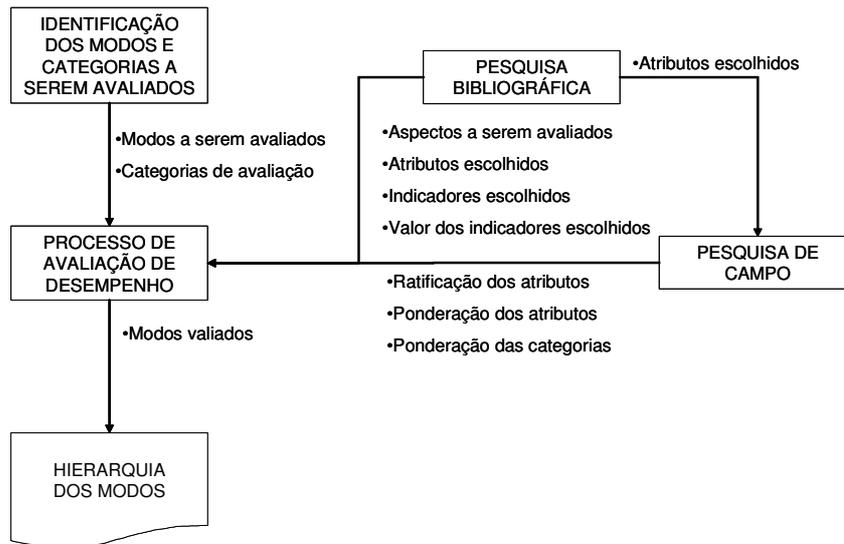


FIGURA 1 - Síntese do método de escolha modal baseado em avaliação de desempenho. Fonte: Elaboração própria (2007).

3.2. O PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM TRANSPORTE

O elemento central deste método é o processo de avaliação de desempenho apresentado na figura 2, cuja primeira etapa refere-se às definições iniciais que compreendem o estabelecimento do ponto de vista da avaliação, que pode ser do operador ou do usuário, o nível de análise (operacional, tático ou estratégico) e o nível da avaliação (parte ou todo o sistema).

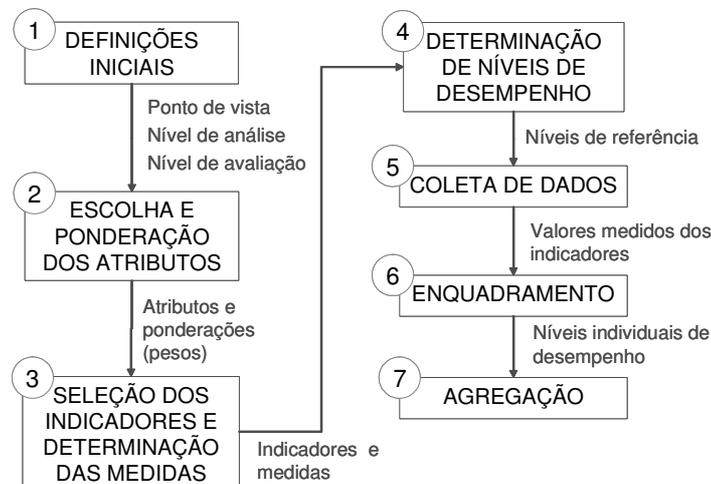


FIGURA 2 - Processo de avaliação de desempenho em transporte. Fonte: Elaboração própria a partir de Pereira (1983) e Santana Filho (1984) (1992).

A segunda etapa do processo refere-se à escolha dos atributos que farão parte da avaliação de desempenho e seus respectivos pesos. Esta é uma etapa muito importante e difícil, pois a escolha dos atributos deve garantir um equilíbrio entre o que se está avaliando e ainda permitir a medição e a máxima representação dos aspectos da avaliação. Outro ponto é o estabelecimento de ponderações de cada atributo, que neste caso especifica a ordem de importância de cada um no processo. O avaliador deve buscar justificar o motivo que o levou a considerar que um atributo tem mais peso que o outro.

A terceira etapa do processo de avaliação de desempenho é a seleção de indicadores e/ou medidas associadas aos atributos e que devem representar quantitativamente fatores objetivos e subjetivos.

A quarta etapa refere-se à determinação dos níveis de desempenho. Estes por sua vez podem ser determinados em função de um padrão de desempenho que se deseja alcançar e pode estar baseado em benchmark ou em metas desenvolvidas pelo próprio avaliador fruto de histórico do desempenho e expectativas de melhores resultados.

Após a determinação dos níveis de desempenho, a quinta etapa é a coleta de dados, ou seja, a apuração dos valores dos indicadores que serão processados na sexta etapa, onde serão comparados os resultados apurados com os níveis almejados para cada atributo medido.

Por fim, a última etapa do processo é a agregação, que busca identificar um único indicador para a hierarquização dos diferentes modos de transporte em função do seu desempenho.

Para este trabalho, o resultado obtido a partir do método de escolha modal é um conjunto de modos de transporte hierarquizados em função da sua eco-eficiência, como será apresentado na aplicação a seguir.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para aplicação do método propõem-se a escolha entre o modo rodoviário, tradicionalmente utilizado no transporte de produtos perigosos e o modo ferroviário, como uma alternativa de transporte terrestre.

As categorias para a avaliação de desempenho são as operacionais e ambientais, pois pretende-se praticar a escolha de melhor eco-eficiência.

4.1. ETAPA 1 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – DEFINIÇÕES INICIAIS

Atendendo a etapa 1 do processo de avaliação de desempenho, este trabalho foi desenvolvido buscando a avaliação do ponto de vista do usuário do modo de transporte, nível de análise tático e apenas parte do sistema está sendo considerada (os modos de transporte). Os participantes da pesquisa foram instruídos a responder aos questionários aplicados como usuários de transporte de carga.

4.2. ETAPA 2 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – ESCOLHA E PONDERAÇÃO DE ATRIBUTOS

Por meio de pesquisa bibliográfica levantou-se um conjunto de atributos operacionais e ambientais, presentes na literatura e que são apresentados na tabela 1. Com base nestes atributos, foi realizada uma pesquisa de campo que teve como finalidade levantar os mais relevantes a partir das informações de especialistas. Esta pesquisa foi realizada através de um questionário aplicado a profissionais e acadêmicos ligados à área de transporte.

O questionário aplicado é composto de questões fechadas com a finalidade de conhecer o perfil dos respondentes e levantar os dados necessários para a análise dos aspectos relacionados no objetivo deste trabalho. Cada respondente indicou os atributos ambientais e operacionais, previamente selecionados através da pesquisa bibliográfica, que sob o seu ponto de vista deveriam ser considerados na escolha do modo de transporte de produtos perigosos. Deixou-se ainda espaço para que os respondentes pudessem indicar algum outro atributo não mencionado e que eles considerassem importante. O objetivo foi o de traduzir avaliações intuitivas e individuais de diversos especialistas num resultado único, que incorpore o conhecimento global do grupo de forma sistemática.

Tabela 1 - Atributos operacionais e ambientais levantados pela pesquisa bibliográfica

	ATRIBUTOS	REFERÊNCIAS
O P E R A C I O N A I S	Confiabilidade	Ballou, 2001; Fleury, 2003; Bowersox e Closs, 2001
	Custo	Novaes, 2004; Chopra e Meindl, 2003; Pozo, 2004; Ballou, 2001; Bowersox e Closs, 2001
	Segurança	Pozo, 2004; Ballou, 2001
	Perdas e danos	Ballou, 2001
	Velocidade	Chopra e Meindl, 2003; Pozo, 2004; Ballou, 2001; Fleury, 2003; Bowersox e Closs, 2001
	Disponibilidade do transporte	Fleury, 2003; Bowersox e Closs, 2001
	Flexibilidade	Fleury, 2003
	Capacidade do Transporte	Pozo, 2004; Bowersox e Closs, 2001
	Frequência	Pozo, 2004; Fleury, 2003; Bowersox e Closs, 2001
A M B I E N T A I S (1)	Consumo de Energia	Fleury, 2003; Davis, 2000 Apud Mattos, 2001; MME, 2006; Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000
	Emissão de Gases de Efeito Estufa	Fleury, 2003; OCDE, 2000 Apud Mattos, 2001; FHWA US DOT, 2005; MCT, 1999 Apud Mattos, 2001; Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; MCT, 2003; BTS, 1998 Apud Simões, 2003; WBCSD, 2000.
	Emissão de Resíduos Sólidos e Líquidos	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; Mattos, 2001
	Emissão de substancias que agredem a camada de Ozônio	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; MCT, 2003; Mattos, 2001
	Possibilidade de reciclagem de componentes após término da vida útil.	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000
	Extinção de Recursos Naturais	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; Mattos, 2001
	Poluição Sonora	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; Mattos, 2001
	Consumo de Água	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000; Mattos, 2001
	Poluição Térmica	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; Mattos, 2001
Consumo de Material	Banister e Button, 1993 Apud Silva, 2001; WBCSD, 2000	

Notas: (1) A maioria das referências utilizadas para levantar os atributos ambientais não tratam especificamente de transporte.

Após as escolhas dos atributos e ordenação pelo grau de importância foram deixados espaços para que os respondentes colocassem suas opiniões e/ou observações a respeito do assunto caso julgassem necessário. Tomou-se o cuidado de definir cada atributo contido no questionário para que os respondentes tivessem a mesma noção do significado de cada um.

O questionário foi respondido por 45 pessoas sendo que deste total, 39 foram considerados válidos para análise. A maioria dos respondentes, 68% atua na área acadêmica e os outros 32% como profissionais ligados à área de transporte. Participaram da pesquisa membros de instituições de ensino e pesquisa (76%) e de empresas e órgãos governamentais (24%), que atuam em sua maioria na região sudeste (68%) nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Os demais estão divididos nas seguintes regiões: Centro-Oeste com 16%, Nordeste com 4%, Norte com 4% e Sul com 8%. Quanto à formação em nível de graduação 24% são administradores, 64% engenheiros (divididos nas áreas de produção, civil, elétrica, mecânica e química) e os 12% restantes em outras áreas como estatística e ciência da computação. A grande maioria está cursando ou possui mestrado completo na área de engenharia de transportes (56%), 20% possuem o doutorado e 24% são especialistas. Com relação à idade dos respondentes 68% tem menos que 34 anos, 12% têm entre 35 e 44 anos e 20% mais de 45 anos, o que mostra um equilíbrio entre experiência profissional e potencial

visão inovadora. Observou-se também que a maior parte da amostra pertence ao sexo masculino (60%).

O questionário apresentou uma série de atributos escolhidos previamente pelos respondentes segundo a ordem de importância que os mesmos julgassem adequada. Cada respondente deveria escolher 5 atributos dentre os listados, numerando-os de modo que o mais importante recebesse o grau 5 e o menos importante grau 1. Não foi possível repetir o grau atribuído ou utilizar números fracionados. Como resultado obteve-se a seguinte classificação, conforme tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Classificação dos atributos operacionais

ATRIBUTOS OPERACIONAIS		SOMA DOS GRAUS	PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
1	Confiabilidade	124	21,2%	21,2%
2	Custo	114	19,5%	40,8%
3	Segurança	113	19,3%	60,1%
4	Perdas e danos	68	11,6%	71,7%
5	Velocidade	54	9,2%	81,0%
6	Disponibilidade do transporte	38	6,5%	87,5%
7	Flexibilidade	35	6,0%	93,5%
8	Capacidade do Transporte	20	3,4%	96,9%
9	Frequência	18	3,1%	100,0%
10	Outros (1):	0	0,0%	100,0%

Notas: (1) Outros são atributos que os respondentes acham importantes serem considerados e que não foram apresentados no questionário. Fonte: Pesquisa de campo (2007).

Dois atributos devem ser destacados na observação da tabela 2. O primeiro é o custo, que normalmente é considerado como o mais importante no transporte de produtos e que nesta pesquisa ficou em segundo lugar, segundo a classificação dos especialistas. Isso pode ter ocorrido devido ao tipo de produto que está sendo considerado (produtos perigosos) confirmando a idéia de que este é um caso específico para ser avaliado. O segundo atributo a ser comentado é a segurança que ocupou a terceira posição no ranking. Este atributo deve ser adequadamente entendido, já que o mesmo, no caso de produtos perigosos, além de influenciar em questões operacionais como atrasos e não atendimento dos clientes, pode acarretar sérios danos ao meio ambiente devido ao vazamento de substâncias que estão sendo transportadas.

Tabela 3 - Classificação dos atributos ambientais

ATRIBUTOS AMBIENTAIS		SOMA DOS GRAUS	PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
1	Consumo de Energia	106	18,2%	18,2%
2	Emissão de Gases de Efeito Estufa	102	17,6%	35,8%
3	Emissão de Resíduos Sólidos e Líquidos	78	13,4%	49,2%
4	Emissão de substâncias que agredem a camada de Ozônio	71	12,2%	61,4%
5	Possibilidade de reciclagem de componentes após término da sua vida útil.	69	11,9%	73,3%
6	Extinção de Recursos Naturais	68	11,7%	85,0%
7	Poluição Sonora	42	7,2%	92,3%
8	Consumo de Água	22	3,8%	96,0%
9	Poluição Térmica	14	2,4%	98,5%
10	Consumo de Material	9	1,5%	100,0%
11	Outros (1)	0	0,0%	100,0%

Notas: (1) Outros são atributos que os respondentes acham importantes serem considerados e que não foram apresentados no questionário. Fonte: Pesquisa de campo (2007).

Na classificação dos atributos ambientais é importante destacar os dois primeiros colocados no ranking, que confirma o que vem sendo apresentado pelas referências pesquisadas que apontam o consumo de energia e a emissão de gases de efeito estufa como os dois principais impactos ambientais do setor de transporte.

Entendendo que o processo de avaliação de desempenho em transporte deva ser abrangente e ao mesmo tempo demandar pouco tempo e recursos, utilizou-se o Método de Pareto para selecionar uma quantidade de atributos que representasse 50% ou mais dos pontos para cada aspecto avaliado (operacional e ambiental). Como resultado deste procedimento os atributos considerados são apresentados na tabela 4. Os pesos foram calculados conforme equação (1):

$$PESO = \frac{GRAUS_i}{\sum_{i=1}^3 GRAUS_i} \quad (1)$$

com i: 1..3

Tabela 4 - Atributos considerados para a avaliação e seus respectivos pesos

ATRIBUTOS OPERACIONAIS	GRAUS	PESO	ATRIBUTOS AMBIENTAIS	GRAUS	PESO
Confiabilidade	124	35%	Consumo de Energia	106	37%
Custo	114	32%	Emissão de Gases de Efeito Estufa	102	36%
Segurança	113	32%	Emissão de Resíduos Sólidos e Líquidos	78	27%
Total	351	100%	Total	286	100%

Fonte: Pesquisa de campo (2007).

Entende-se que os respondentes têm ciência dos impactos que o transporte de produtos perigosos pode ter, pelo fato de atributos como confiabilidade e segurança serem classificados como tão importantes como os custos. Observa-se que os atributos “consumo de energia” e “emissão de gases de efeito estufa” tiveram basicamente o mesmo peso e isso pode estar ligado ao fato de que um está diretamente ligado ao outro.

Os atributos apresentados podem ser combinados inclusive estabelecendo-se critérios de pesos entre as duas categorias. A partir destas considerações é possível estabelecer um procedimento matemático para o cálculo e ponderação de cada modo avaliado e assim realizar a classificação do mesmo (CMj), conforme equação (2):

$$CMj = Po \sum_{i,j=1}^n O_i P_j + Pa \sum_{i,j=1}^n A_i P_j \quad (2)$$

Em que Po : é o peso da categoria operacional;
 O_i : é o resultado normalizado de cada medida referente a um atributo operacional;
 P_j : é o peso de cada atributo;
 Pa : é o peso da categoria ambiental; e
 A_i : é o resultado normalizado de cada medida referente a um atributo ambiental.

Para a utilização da equação 2 e conseqüente classificação de cada modo avaliado foram considerados os seguintes parâmetros:

- $Po + Pa = 1$.
- Somatório dos pesos de cada atributo (Operacionais - O_i e Ambientais - A_i) multiplicado pela respectiva ponderação da categoria deve ser igual a 1.

4.3. ETAPA 3 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – SELEÇÃO DOS INDICADORES E DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS

Para uma aplicação prática, foram selecionados, com base na pesquisa bibliográfica, indicadores e medidas para os três atributos com maior peso de cada uma das duas categorias (operacional e ambiental), conforme tabela 5.

Tabela 5 - Indicadores e medidas de desempenho para os atributos selecionados

	Atributos					
	Operacionais (O_i)			Ambientais (A_i)		
	Custo	Confiabilidade	Segurança	Consumo de Energia	Emissão de GEE	Emissão de resíduos
Indicadores	Custo total da cadeia	Tempo de entrega Relativo	Avarias	Energia consumida	Emissão de CO ₂	Descarte de sólidos e líquidos
Medidas	[R\$/unid]	[média dias /maior valor]	[unid/100unid]	[1000 joule/t-km]	[t/t transp]	[classificação – o menor representa o melhor]

Fonte: Ballou, 2001; MCT, 2006; Davis, 2000 apud Mattos,2001; FIPE, 2007

4.4. ETAPA 4 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – DETERMINAÇÃO DE NÍVEIS DE DESEMPENHO

Esta etapa não será considerada neste artigo já que não se tem um histórico a respeito dos indicadores avaliados e porque também não foi encontrada referência de nível de desempenho que se possa adotar como padrão para o produto pesquisado.

4.5. ETAPA 5 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – COLETA DE DADOS

Também como base na pesquisa bibliográfica, foram obtidos dados dos indicadores de desempenho selecionados e que entende-se servirão para exemplificar a aplicação do método. A tabela 6 resume as informações dos referidos modos.

Tabela 6 - Atributos e medidas de desempenho dos modos de transporte

Modo	Atributos					
	Operacionais (O_i)			Ambientais (A_i)		
	Custo	Confiabilidade	Segurança	Consumo de Energia	Emissão de GEE	Emissão de resíduos
	Custo total da cadeia [R\$/unid]	Tempo de entrega Relativo [média dias /maior valor]	Avarias [unid/100unid]	[1000 joule/t-km]	CO ₂ [t/t transp]	[classificação – o menor representa o melhor]
Ferroviário	0,10	1,23	0,10	239,00	0,04	1
Rodoviário	0,15	2,17	0,01	705,20	0,84	2

Fonte: Ballou, 2001; MCT, 2006; Davis, 2000 apud Mattos,2001; FIPE, 2007

4.6. ETAPA 6 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – ENQUADRAMENTO

Como não se pôde obter a determinação dos níveis de desempenho, esta etapa também não pode ser realizada.

4.7. ETAPA 7 DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO – AGREGAÇÃO

A partir do levantamento das medidas referentes a cada atributo a tabela 6 foi normalizada, para que seus valores pudessem ser agregados gerando a tabela 7. A normalização foi realizada de forma que o menor valor de cada medida fosse tomado como referência. Desta forma, a maior pontuação significa uma melhor classificação.

Tabela 7 - Normalização dos valores das medidas de desempenho dos modos de transporte

Modo	Atributos					
	Operacionais (O_i)			Ambientais (A_i)		
	Custo	Confiabilidade	Segurança	Consumo de Energia	Emissão de GEE	Emissão de resíduos
	Custo total da cadeia [R\$/unid]	Tempo de entrega Relativo [média dias /maior valor]	Avarias [unid/100unid]	[1000 joule/t-km]	CO2 [t/t transp]	[classificação – o menor representa o melhor]
Ferroviário	1,00	1,00	0,10	1,00	1,00	1,00
Rodoviário	0,67	0,57	1,00	0,34	0,04	0,50

Fonte: Dados da tabela 6, 2007

Um primeiro ensaio foi realizado considerando apenas os atributos operacionais, ou seja, utilizando a equação 2, o peso para a categoria de atributos ambientais (P_a) foi igual à zero. Os resultados estão na tabela 8.

Tabela 8 - Classificação dos modos de transporte considerando apenas a categoria operacional

Modo	Atributos					
	Operacionais (O_i) - $P_o = 1$			Ambientais (A_i) - $P_a = 0$		
	Custo	Confiabilidade	Segurança	Consumo de Energia	Emissão de GEE	Emissão de resíduos
	Custo total da cadeia [R\$/unid]	Tempo de entrega Relativo [média dias /maior valor]	Avarias [unid/100unid]	[1000 joule/t-km]	CO2 [t/t transp]	[classificação – o menor representa o melhor]
Ferroviário	0,32	0,35	0,03	0,00	0,00	0,00
Rodoviário	0,22	0,20	0,32	0,00	0,00	0,00

Fonte: Dados da Pesquisa, 2007

O somatório dos pontos do modo rodoviário apresentados na tabela 8 é igual a 0,74 contra 0,71 do ferroviário. Isso indica que, considerando os três atributos escolhidos, o modo rodoviário possui vantagem sobre o ferroviário, ou seja, do ponto de vista operacional ele é mais viável. Em um outro ensaio, ao incluir a categoria ambiental, a avaliação mostrou um resultado inverso. Neste caso foi considerado um peso igual para as duas categorias ($P_o = 0,5$ e $P_a = 0,5$) e o modo ferroviário obteve grande vantagem (0,86 pontos contra 0,51 do rodoviário) ao utilizar a equação 2, conforme mostra tabela 9.

Tabela 9 - Classificação dos modos considerando as categorias ambientais e operacionais

Modo	Atributos					
	Operacionais (O_i) - $P_o = 0,5$			Ambientais (A_i) - $P_a = 0,5$		
	Custo	Confiabilidade	Segurança	Consumo de Energia	Emissão de GEE	Emissão de resíduos
	Custo total da cadeia [R\$/unid]	Tempo de entrega Relativo [média dias /maior valor]	Avarias [unid/100unid]	[1000 joule/t-km]	CO2 [t/t transp]	[classificação – o menor representa o melhor]
Ferroviário	0,16	0,18	0,02	0,19	0,18	0,14
Rodoviário	0,11	0,10	0,16	0,06	0,01	0,07

Fonte: Dados da Pesquisa, 2007

Esses resultados demonstram que, ao incluir aspectos ambientais na avaliação dos modos de transporte, os resultados podem levar a uma decisão diferente da comumente tomada, como mostra a maioria da literatura estudada, que indica o modo rodoviário como aquele mais viável do ponto de vista operacional. O ensaio apresentado demonstrou que a categoria ambiental tem forte influência. Por meio dos cálculos realizados, identificou-se que pesos menores que 0,95 atribuídos à categoria operacional indicam o modo ferroviário como a melhor alternativa. Isso foi possível igualando-se a equação 2 para os modos ferroviário e rodoviário ($CM_{rodoviário} = CM_{ferroviário}$), conforme equação 3:

$$Po \sum_{i,j=1}^n O_i P_j + Pa \sum_{i,j=1}^n A_i P_j = Po \sum_{i,j=1}^n O_i P_j + Pa \sum_{i,j=1}^n A_i P_j \quad (3)$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{CM_{rodoviário}} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{CM_{ferroviário}}$$

em que $Pa = 1 - Po$

O gráfico 1 apresenta a evolução do desempenho dos modos avaliados a medida que o peso para a categoria ambiental aumenta.

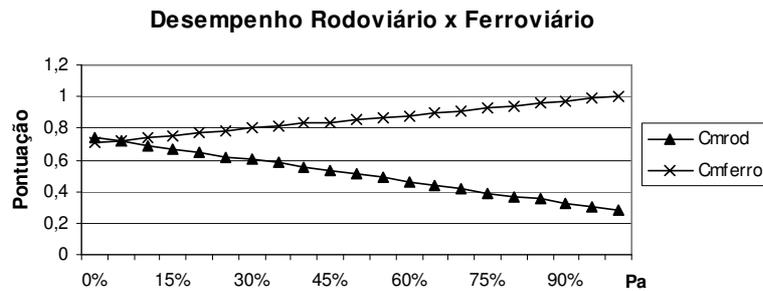


GRÁFICO 1 - Desempenho do modo rodoviário x ferroviário com base no modelo de avaliação. Fonte: Elaboração Própria, 2007

Fica evidenciado que o conceito da eco-eficiência aplicado ao contexto da avaliação de desempenho do transporte de carga pode influenciar na tomada de decisão.

5. CONCLUSÃO

A avaliação do desempenho é uma atividade importante no transporte de carga e pode trazer vantagem estratégica para as organizações pelo fato de possibilitar medir os resultados e auxiliar na tomada de decisões. Apesar da importância, este tipo de atividade pode não trazer os resultados necessários e até consumir recursos pelo fato de exigir controle e tempo para desenvolvimento. A escolha dos atributos a serem considerados é uma importante etapa do processo de avaliação, pois é partir deles que serão definidas todas as medidas que mostrarão os resultados do negócio. A pesquisa realizada com especialistas conforme traz maior confiabilidade nas escolhas dos atributos apresentados. O método aplicado foi adequado, pois permitiu visualizar como fatores ambientais podem influenciar nas decisões de escolha dos modos de transporte, atendendo assim as expectativas das organizações que se interessam em considerar a eco-eficiência em seus processos de transporte.

O presente trabalho buscou identificar atributos que fossem os mais genéricos possíveis de forma a apontar um caminho aos interessados em avaliação do desempenho. Esses atributos se aplicam a qualquer modo de transporte sejam eles aquaviários, aéreos ou

terrestres. Também foi considerado que avaliar atributos somente ligados à questão operacional não é suficiente para as organizações modernas. Através da criação de indicadores e medidas baseados nesses atributos pode-se chegar a resultados que levam a tomada de decisão pelo modo de transporte que para uma determinada situação traga benefícios operacionais e menores impactos ambientais. Esta é uma visão moderna de avaliação que ainda não é aplicada pelas organizações. O caso exemplificado neste trabalho demonstra a importância da categoria de atributos ambientais que pode, inclusive, mudar a decisão dos gestores se incluída em um processo de avaliação.

Uma importante conclusão é o fato de que, segundo os especialistas que participaram da pesquisa, o custo não é a variável mais importante em um processo de avaliação de desempenho de transporte. Essa é uma importante contribuição do artigo, pois por muito tempo esta variável foi considerada como a de maior peso nas decisões de escolha do modo de transporte. Vale frisar que, isso pode ser resultado de uma maior valorização da questão ambiental na área de transportes.

O transporte de produtos perigosos possui particularidades que o torna diferente dos demais do ponto de vista da avaliação, principalmente quando se inclui atributos ambientais. No resultado da pesquisa existem atributos que a princípio foram considerados operacionais, mas que tem forte impacto ambiental como é o caso da segurança. Outro exemplo é a questão do consumo de energia que ao mesmo tempo se traduz em custo e impacto ambiental, seja por consumo de fontes não-renováveis ou pela emissão de gases de efeito estufa. Isso mostra a aderência que o estudo tem com o conceito da eco-eficiência. Através disto é possível constatar que é possível conciliar competitividade empresarial e preservação ambiental, ou seja, as empresas podem investir recursos em questões ambientais e terem um retorno em termos de eficiência operacional.

Outro ponto a ser considerado é a questão de que cada modo de transporte apresenta vantagens e desvantagens em relação a cada atributo apresentado. Um modo que seja do ponto de vista operacional indicado para um transporte, quando avaliado do ponto de vista ambiental pode não ser a melhor opção. Cabe ainda ressaltar que dependendo da situação (distância, volume, tempo de atendimento, tipo de produto) um modo pode ser inviabilizado, o que torna o processo de avaliação mais dinâmico.

Como limitações, é importante citar que os resultados aqui apresentados refletem apenas a amostra pesquisada. Um trabalho mais abrangente com um grupo de pesquisados maior pode refletir melhor a realidade e servir para outras situações e cargas diferentes. Outra limitação é o fato de duas etapas do processo de avaliação proposto não serem consideradas por falta de dados suficientes para tal. Recomenda-se que a avaliação baseada nos atributos propostos seja aplicada a um determinado tipo de produto perigoso. Esta prática poderá trazer um melhor foco e entendimento ao assunto em questão. Outra recomendação seria a análise de um grupo de atributos em relação ao outro e até mesmo comparar os atributos individualmente. Dessa forma seria possível identificar, por exemplo, quais dos atributos ambientais são mais importantes que os operacionais e vice-versa, estabelecendo uma hierarquia entre os vários atributos escolhidos.

6. REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Bookman, Porto Alegre, 2001.

BOWERSOX, Donald; CLOSS, David. Logística Empresarial. Atlas, São Paulo, 2001.

CHOPRA, Sunil & MEINDL, Peter. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação. Prentice Hall, São Paulo, 2003.

D'AGOSTO, Márcio and RIBEIRO, Suzana K. Eco-efficiency management program (EEMP)—a model for road fleet operation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 9, Issue 6, November, Pages 497-511, 2004.

FHWA US DOT. Effects of Freight Movement on Air Quality at the National and Regional Level Home Federal Highway. Administration - US Department of Transportation. USA, 2005. Internet: <http://www.fhwa.dot.gov/environment/freightaq/index.htm#toc>

FIPE. Índice De Desempenho Econômico Do Transporte (IDET-FIPE/CNT). Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2007. Internet: http://www.fipe.org.br/indices/idet_consultapop.asp

FLEURY, Paulo Fernando. Gestão Estratégica de transporte. In: FIGUEIREDO, Kleber Fossati et al. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos- Planejamento do Fluxo de Produtos e dos Recursos. São Paulo: Atlas, Pág:248-256, 2003.

MATTOS, Laura B. A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa-O Caso do Município do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ, Tese Mestrado, Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2001.

NETO, J.Q.F.; WALTHER, G.; BLOEMHOF ; NUNEN J.A.E.E.; SPENGLER T. A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks, Germany, 2006

NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. Campus, Rio de Janeiro, 2004.

PEREIRA, L. C. de S. N. Avaliação de Desempenho de Sistemas de Transporte por Ônibus. COPPE/UFRJ, Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, 1983.

PEREIRA, L.F.R. Aspectos Conceituais da Ecoeficiência no Contexto do Desenvolvimento Sustentável, 2005.

POZO, Hamilton. Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais – uma abordagem logística. 21ª Edição, Atlas, São Paulo, 2004.

SANTANA FILHO, A. R. Avaliação de Desempenho de Serviços de Ônibus Urbano do Ponto de Vista do Usuário. COPPE/UFRJ, Dissertação de mestrado, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, 1984.

SANTANA FILHO, A. R. Avaliação do desempenho de sistemas de transporte público. Gerenciamento de transportes coletivos, Capítulo VI, FETRANSPOR, Rio de Janeiro. pp. 101 a 120, 1992.

SILVA, R. A .M. Transporte urbano de passageiros e qualidade do ar: O caso da implementação de um novo sistema hidroviário na região metropolitana do Rio de Janeiro, 2001.

SIMÕES, A. F. O transporte aéreo no contexto de mudanças climática globais, 2003.

WBCSD. Measuring Eco-Efficiency. A Guide to Reporting Company Performance, World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland, 2000.