

USO DA LÓGICA FUZZY PARA DETERMINAÇÃO DE IMPORTÂNCIAS DAS CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE RODOVIAS CONCEDIDAS

Túlio Silveira Santos

Universidade de Lisboa
Instituto Superior Técnico

Bruno Guida Gouveia

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes

RESUMO

Este artigo visa determinar as importâncias das categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas por meio de um procedimento metodológico. O procedimento metodológico proposto utiliza como ferramenta a lógica Fuzzy para modelar as variáveis linguísticas existentes e definir os pesos entre as categorias de avaliação de desempenho. O procedimento metodológico proposto foi aplicado na concessão patrocinada das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, no estado de Minas Gerais. Os resultados mostram que na avaliação dos especialistas há uma tendência em se atribuir uma maior importância a categoria operacional em comparação com as categorias ambiental, financeira e social. Foi visto que os indicadores Fuzzy encontrados não apresentaram a realidade dos pesos das categorias vigentes no contrato da concessão de rodovia em análise. Apesar disso, este resultado não invalida o procedimento metodológico proposto no artigo, pois não necessariamente a realidade é a melhor configuração ou a situação ótima.

ABSTRACT

This paper aims to determine the importance of the categories of performance evaluation of highways granted through a methodological procedure. The proposed methodological procedure uses the Fuzzy logic as a tool to model the existing linguistic variables and to define the weights between the categories of performance evaluation. The proposed methodological procedure was applied in the sponsored concession of the highways MG-050, BR-265 and BR-491, in Minas Gerais state. The results show that there is a tendency for specialists to assign a greater importance to the operational category compared to the environmental, financial and social categories. It was observed that the Fuzzy indicators found did not present the reality of the weights of the categories in force in the highway concession contract under analysis. Despite this, this result does not invalidate the proposed methodological procedure in this paper, because not necessarily the reality is the best configuration or optimum situation.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui aproximadamente 1,7 milhões de quilômetros de rodovias pavimentadas e nelas são transportadas cerca de 61,1% das cargas e realizadas 50,4% das viagens de passageiros de longas distâncias (CNT, 2017). Dessa forma, tal infraestrutura é fundamental para a continuidade das atividades nacionais, entretanto, sua manutenção e melhoramentos podem atingir a casa das centenas de milhões. Sendo assim, nos casos das vias em que haja concordância entre importância econômica, fluxo veicular e interesse privado na gestão entre troca de lucro, é da competência do poder concedente viabilizar a concessão das vias para que uma instituição privada possa mantê-las de forma que sua operação se desenvolva de forma segura.

As diversas formas de envolvimento entre governo e iniciativa privada deram origem a vários modelos de parcerias, destacando-se o modelo de concessão. De modo geral, a concessão de infraestrutura de transporte rodoviário engloba a construção total ou parcial de obras rodoviárias de interesse público, além de sua conservação, reforma, ampliação ou melhoramento. No final do prazo da concessão, os bens e a propriedade reverterem ao domínio público (Nabhan, 2004). Nesse intuito, o Brasil possui mais de 11 mil quilômetros concessionados e com expectativa de ampliação (BRASIL, 2017). Esse modelo é essencial

porque formula políticas, paga impostos, está no mercado de capitais, atrai investidores indiretos, melhora a infraestrutura e gera emprego e renda (ABCR, 2016).

Em um contrato de concessão de rodovias, o gestor público requer o cumprimento de medidas de eficiência do concessionário. Os requisitos de qualidade dos serviços prestados são variáveis de acordo com cada situação e conforme os termos estabelecidos nos contratos (Leitão, 2007). Os concessionários se empenham no sentido de manter condições adequadas de serviço dessas estruturas, mas há uma necessidade crescente de mais estudos e informações que possibilitem operações mais eficientes aos seus gestores e usuários.

A avaliação de desempenho é de fundamental importância para o sucesso de qualquer negócio, seja ele público ou privado. Dessa forma, a avaliação de desempenho tem a importância de mensurar a atuação e a performance de uma empresa, um negócio, um processo ou uma atividade frente ao seu desempenho esperado, à sua capacidade ou ao seu objetivo. Dessa forma, medir o desempenho dos serviços de transporte é considerar quanto é atingido os principais objetivos do sistema de prestação do serviço no conjunto das operações realizadas. Sendo assim, é possível transferir este conceito em sua forma original para a regulação das concessões rodoviárias (Lima Jr., 2015).

As categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas, bem como seus indicadores de desempenho, são utilizadas para aferir o desempenho da concessionária da rodovia, permitindo ao poder concedente monitorar a qualidade do serviço prestado, mensurar o valor mensal a ser pago à concessionária (quando for o caso), e aplicar, quando cabível, as sanções pertinentes. O problema é que nem todos planos de controle de qualidade de rodovias concedidas evidenciam o uso de métodos de análise multicritério para determinar pesos mais adequados para cada categoria e/ou indicador de desempenho, o que acaba impactando na análise de desempenho da concessionária e, nos piores casos, no valor da contraprestação pecuniária pago à concessionária.

Face a esse aparecimento das concessões de rodovias como opção de Governo e da sociedade para fazer frente à vastidão de demandas de infraestrutura, verifica-se a necessidade de uma análise crítica do que poderá representar a técnica de compatibilizar interesses públicos e privados para estimular o desenvolvimento do país, de forma responsável e sustentável.

Este artigo visa determinar as importâncias das categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas por meio de um procedimento metodológico. O procedimento metodológico proposto utiliza como ferramenta a lógica Fuzzy para modelar as variáveis linguísticas existentes e definir os pesos entre as categorias de avaliação de desempenho. O referencial teórico baseia-se na avaliação de desempenho no transporte e a lógica Fuzzy. A Lógica Fuzzy foi proposta por Lotfali Askar-Zadeh em 1965 e é também chamada de lógica difusa, sendo uma extensão da lógica booleana da teoria dos conjuntos clássica. Wang *et al.* (2009), por exemplo, ao analisarem os processos de decisão sobre o uso de energias sustentáveis, realizaram uma revisão sistêmica sobre os métodos de análise multicritério e identificaram que a metodologia combinada com sistemas Fuzzy é a que apresenta os menores problemas de incerteza entre os critérios ou alternativas. A lógica Fuzzy também proporciona uma forma mais detalhada de se chegar nos pesos, ao mesmo tempo em que valoriza os valores linguísticos das respostas.

A aplicação do procedimento metodológico proposto é feita a partir da análise das categorias de avaliação de desempenho de um estudo de caso, destacando-se a concessão patrocinada das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, no estado de Minas Gerais. Essa concessão é a primeira concessão patrocinada de rodovias no Brasil, que teve início de operação em junho de 2007, e possui quatro categorias de avaliação de desempenho: operacional, ambiental, financeira e social. Diante de tais considerações, analisar as diferentes visões que mesmo especialistas possuem em relação ao que é sustentabilidade ou quais as melhores ações para atingi-la são possibilidades de estudo interessantes e almejáveis. Contudo, mesmo que os pilares da sustentabilidade (ambiental, econômico e social) sejam semelhantes às categorias de avaliação de desempenho das rodovias deste estudo de caso (operacional, ambiental, financeira e social), este artigo trata apenas da análise das visões de especialistas quanto às categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas.

Os conteúdos deste artigo incluem essa introdução e outras três seções. A segunda seção trata do procedimento metodológico proposto para avaliar as categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas. Na terceira seção está detalhada a aplicação do procedimento metodológico proposto em um estudo de caso, bem como da caracterização da rodovia analisada e do quadro de indicadores de desempenho. E a quarta e última seção aborda a conclusão e recomendações futuras deste artigo.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

As tomadas de decisão que envolvem problemas complexos são comuns em diversas áreas do conhecimento, e muitas vezes recorre-se a abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos a fim de solucioná-los. Para apoiar no processo decisório racional com múltiplos objetivos a serem alcançados e com vários tomadores de decisão, os métodos de auxílio multicritério à decisão foram desenvolvidos. Para tanto, esses métodos possuem simultaneamente caráter científico e subjetivo, somando-se a capacidade de agregar características quantitativas e qualitativas. Macharis *et al.* (2009) evidenciam o uso de métodos de análise multicritério.

Em uma concessão pressupõe-se a prestação de serviço adequado na rodovia e a qualidade é aferida pelo atendimento, ou não, da concessionária, das condições operacionais mínimas da rodovia, das intervenções obrigatórias e dos indicadores de desempenho pré-estabelecidos pelo licitante.

O procedimento metodológico proposto para avaliar as categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas é apresentado na Figura 1. Tal procedimento baseia-se no trabalho de Liang e Wang (1991), Tuzkaya *et al.* (2009) e Akasaka *et al.* (2015), com as devidas adequações necessárias aos objetivos deste artigo.

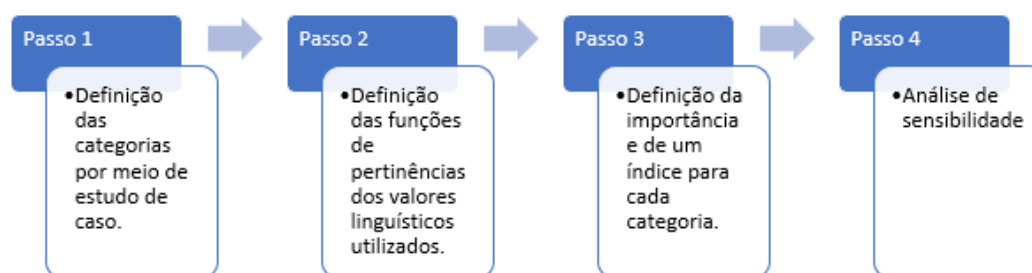


Figura 1: Procedimento metodológico proposto

Além do mais, um questionário foi criado de acordo com a sistemática das categorias de avaliação de desempenho da concessão de rodovia do estudo de caso analisado, a fim de obter todos os dados do procedimento metodológico proposto. Esse questionário foi aplicado a especialistas da área de engenharia de transportes com capacidade de indicar grau de importância para as diferentes categorias e é apresentado na próxima seção.

3. ESTUDO DE CASO

As categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas, bem como seus indicadores de desempenho, são uma forma para se analisar a verificação dos objetivos previamente projetados pelo planejamento estratégico (Ângelo, 2005). Tais medidas são destinadas a aferir o desempenho da concessionária, permitindo ao poder concedente monitorar a qualidade do serviço prestado, mensurar o valor mensal a ser pago à concessionária (quando for o caso), e aplicar, quando cabível, as sanções pertinentes.

A identificação das categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas foi feita a partir da análise das categorias de avaliação de desempenho de um estudo de caso, destacando-se a concessão patrocinada das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, no estado de Minas Gerais. Esta concessão é uma Parceria Público-Privada (PPP) licitada pelo Governo de Minas Gerais, que teve início de operação em junho de 2007, e tem por objeto a exploração das rodovias em um período de 25 anos.

A seguir são apresentadas a caracterização da PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, o Quadro de Indicadores de Desempenho em vigor, bem como a aplicação do procedimento metodológico proposto.

3.1. Caracterização da PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491

A PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491 teve seu contrato de concessão patrocinada assinado em 21 de julho de 2007 entre a Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas – SETOP e a Concessionária da Rodovia MG-050, tendo como intervenientes o Departamento de Estradas de Rodagem – DER/MG e a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG, conforme licitação por concorrência realizada em 07 de agosto de 2006, homologada em 09 de maio de 2007 (SETOP, 2018a).

O edital de concessão patrocinada, elaborado para a recuperação da infraestrutura das rodovias em questão, foi o primeiro projeto de PPP do país na área de infraestrutura rodoviária, sendo fruto de um esforço conjunto entre o DER/MG, a SETOP, a Unidade PPP, a Advocacia-Geral do Estado, a CODEMIG, e vários outros técnicos de vários órgãos e entidades do estado.

O projeto de PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, cuja operação teve início em junho de 2007 e tem por objeto a exploração das rodovias em um período de 25 anos, prevê a recuperação, ampliação e manutenção das rodovias até 2032. A PPP dessas rodovias conta com uma extensão de 371,4 km, interligando a região metropolitana de Belo Horizonte à divisa com o Estado de São Paulo, conforme ilustra a Figura 2.



Figura 2: PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491 (Santos e Mourão, 2013)

3.2. Quadro de Indicadores de Desempenho – QID

Ao se realizar a avaliação de desempenho de determinado sistema, deve-se entender que esse é composto por um conjunto de componentes que devem atuar de forma conjunta e harmônica para se atingir um objetivo global. Além disso, deve-se considerar que este sistema está inserido em um meio e que este meio exerce influências sobre ele (Caldeira, 2017).

A modalidade patrocinada foi escolhida para a PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491, ou seja, a concessionária tem duas fontes de receita: (i) cobrança de pedágio junto ao usuário; e (ii) contraprestação pecuniária paga pelo poder concedente.

O valor da contraprestação pecuniária mensal devida à concessionária é determinado segundo nota de um Quadro de Indicadores de Desempenho (QID) atribuída ao desempenho da concessionária na execução dos serviços durante o mês correspondente, em conformidade com o sistema de avaliação mensal de desempenho (SETOP, 2018b).

A aferição dos indicadores do QID é feita mensalmente por um verificador independente e esses indicadores estão divididos em quatro categorias de avaliação de desempenho de concessões de rodovias, sendo que a cada categoria atribuiu-se um peso para o cálculo da nota do QID final:

- Operacional (70%);
- Ambiental (10%);
- Financeira (10%); e
- Social (10%).

É importante ressaltar que cada uma das quatro categorias de avaliação de desempenho de concessões de rodovias é composta de indicadores de desempenho específicos com peso pré-definidos. Os indicadores operacionais abrangem os serviços relacionados à operação da rodovia quanto à área de engenharia, ao estado do pavimento, à segurança do tráfego, à manutenção patrimonial e ao fluxo de veículos. Os indicadores ambientais referem-se aos

serviços relacionados à operação da rodovia quanto às políticas de preservação e fomento ao meio ambiente, a ser avaliado através do controle da poluição, segurança no fluxo de cargas perigosas, medição de ruídos e controle de desmatamento. Os indicadores financeiros referem-se a serviços prestados à operação da rodovia quanto ao gerenciamento de custos, otimização de investimentos, endividamento e adoção de práticas contábeis transparentes. E os indicadores sociais referem-se a serviços relacionados à operação da rodovia quanto ao tratamento dispensado aos usuários e habitantes ao longo do sistema existente.

Nota-se que o peso da categoria operacional (70%) tem maior relevância quando comparado às outras três categorias, sendo que todas possuem o mesmo peso (10%). A próxima subseção apresenta a aplicação do procedimento metodológico para determinar as importâncias das categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas.

3.3. Aplicação do procedimento metodológico

Neste estudo de caso foram definidas quatro categorias: operacional, ambiental, financeira e social. Dessa forma, a aplicação do procedimento metodológico proposto conta com a definição das funções de pertinências para os valores linguísticos utilizados, a definição da importância de cada categoria, a determinação de um índice para cada categoria, uma análise de sensibilidade, seguindo-se dos resultados finais.

Os autores definiram um grau de pertinência entre 0 a 1 para os valores linguísticos de acordo com trabalhos como de Liang e Wang (1991), que retratam da mesma forma a utilização de poucos dados, porém confiáveis. Para a definição da função de pertinência foi utilizada uma média dos graus atribuídos. Para avaliação da importância entre categorias foram utilizados os mesmos valores linguísticos adotados por Zadeh (1965), Liang e Wang (1991) e Akasaka *et al.* (2015), a saber: Muito Pouco Importante (MPI), Pouco Importante (PI), Importante (I), Muito Importante (MI) e Importantíssimo (II). A Figura 3 apresenta a representação triangular dos valores linguísticos.

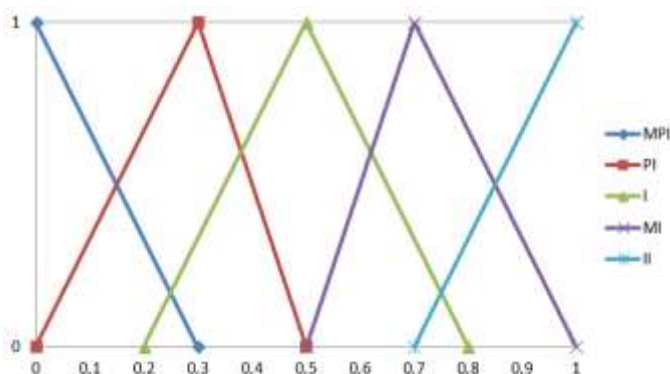


Figura 3: Funções de pertinências para os valores linguísticos utilizados – MPI (0;0;0,3), PI (0;0,3;0,3;0,5), I (0,2;0,5;0,5;0,8), MI (0,5;0,7;0,7;1) e II (0,7;1;1;1).

A coleta de informação foi realizada através da aplicação de questionários para especialistas do setor (Figura 4) e envolveu três grupos de especialistas: docentes, gestores públicos e engenheiros. O número total de respondentes foi de 13 especialistas e a Figura 5 apresenta a representatividade dos respondentes.

QUESTIONÁRIO

O questionário a seguir possui 04 (quatro) questões e tem previsão de duração de aproximadamente 05 (cinco) minutos.

1. Digite seu nome:

2. Qual é o seu cargo atual?*

Docente

Gestor Público

Profissional da área de engenharia atuante em concessão de rodovias

Outros:

3. Na sua opinião, qual é o grau de importância de cada categoria?*

	Importantíssimo	Muito Importante	Importante	Pouco Importante	Muito Pouco Importante
Operacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Financeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Social	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Espaço destinado a comentários adicionais, dúvidas ou sugestões:

Figura 4: Questionário aplicado neste estudo de caso

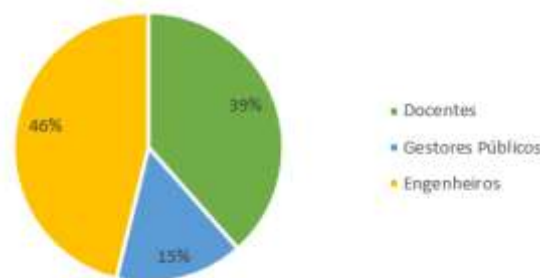


Figura 5: Representatividade dos respondentes

O número total de respondentes não representa uma amostra muito grande, entretanto, está relacionado diretamente com os principais responsáveis pelo controle e gestão da concessão em análise. Da Figura 5, verifica-se que os engenheiros representam a maior parte dos respondentes, ao mesmo tempo que inclui engenheiros tanto da parte do poder concedente quanto da parte da concessionária da rodovia. Em seguida, tem-se os docentes da área de engenharia de transportes, sobretudo de universidades públicas. Por último, tem-se os principais gestores públicos por parte do poder concedente, responsáveis pelo controle e gestão da PPP das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491.

Cada respondente do conjunto de especialistas atribuiu um valor linguístico para cada categoria e as respostas estão apresentadas na Tabela 1. A importância de cada categoria é determinada pela Equação 1.

$$S_j = \sum_{i=1}^I \frac{S_{ij}}{I} \tag{1}$$

- em que
- S_j : importância de cada categoria j ;
 - i : cada respondente do conjunto de especialistas;
 - j : cada categoria de avaliação de desempenho de rodovias concedidas;

I : número total de respondentes; e
 S_{ij} : valor linguístico para cada categoria j .

Os valores de S_j , representados da forma de um número Fuzzy (Y_i, Q_i, R_i, Z_i), estão apresentados na Tabela 1 e a avaliação geral das respostas é apresentada na Figura 6.

Tabela 1: Avaliação dos especialistas e Importância geral das categorias

Categorias	Avaliação dos Especialistas*													Importância			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Y_i	Q_i	R_i	Z_i
Operacional	II	II	II	II	MI	II	MI	II	II	MI	MI	II	II	0,638	0,908	0,908	1,000
Ambiental	I	I	II	MI	I	I	I	MI	MI	MI	MI	I	I	0,354	0,615	0,615	0,892
Financeira	MI	II	II	II	II	I	I	MI	MI	MI	MI	MI	MI	0,515	0,762	0,762	0,969
Social	I	I	II	MPI	I	I	MI	MI	I	MI	MI	I	I	0,315	0,562	0,562	0,838

*Grupo de Especialistas: Docentes (Esp. 1-5); Gestores Públicos (Esp. 6-7); e Engenheiros (Esp. 8-13).

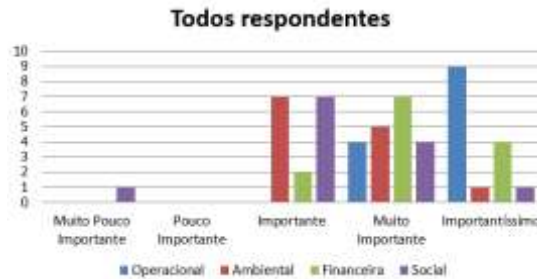


Figura 6: Avaliação geral das respostas

Foi utilizado um indicador Fuzzy, conforme aplicado em Liang e Wang (1991), a fim de verificar a hierarquização baseada nos critérios adotados ao longo desse artigo. Dados um conjunto de números Fuzzy (Y_i, Q_i, R_i, Z_i), a hierarquização desses números é dada pela Equação 2.

$$I_i = \left[\frac{(Z_i - x_1)}{(x_2 - x_1) - (R_i - Z_i)} + 1 - \frac{(x_2 - Y_1)}{(x_2 - x_1) + (Q_i - Y_i)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

em que x_1 : mínimo do conjunto de números Fuzzy;
 x_2 : máximo do conjunto de números Fuzzy; e
 I_i : números Fuzzy a serem comparados.

A Tabela 2 apresenta o indicador Fuzzy para cada uma das quatro categorias de avaliação de desempenho de rodovias concedidas, bem como da comparação com os pesos do QID.

Tabela 2: Indicador Fuzzy geral para cada categoria e comparação com os pesos do QID

Categorias	Indicador Fuzzy		Peso do QID	Diferença (%)
	I aproximado	I normalizado		
Operacional	0,751	0,338	0,700	36,2%
Ambiental	0,459	0,207	0,100	10,7%
Financeira	0,606	0,273	0,100	17,3%
Social	0,404	0,182	0,100	8,2%

Da Tabela 2, observa-se que o peso da área operacional continua sendo o mais relevante

dentre as demais áreas, contudo, não há uma diferença tão grande como no caso dos pesos do QID. A diferença entre os valores de indicador Fuzzy encontrados e os valores do peso do QID é bem significativa, sobretudo nas áreas operacional (36,2%) e financeira (17,3%). Por outro lado, este resultado não invalida o procedimento metodológico proposto no artigo, pois não necessariamente a realidade é a melhor configuração ou a situação ótima.

Com o objetivo de verificar indicadores Fuzzy para cada categoria, de acordo com os três grupos de especialistas (docentes, gestores públicos e engenheiros), foram calculados novos valores de S_j e segregados a avaliação das respostas com base nos grupos de especialistas, conforme mostram a Tabela 3 e a Figura 7, respectivamente. A variação percebida nas visões dos diferentes grupos de especialistas pode interferir na determinação das importâncias na prática e a Tabela 4 apresenta os indicadores Fuzzy para cada categoria de acordo com os grupos de especialistas.

Tabela 3: Importância das categorias de acordo com os grupos de especialistas

Categorias	Importância											
	Docentes				Gestores Públicos				Engenheiros			
	Y_i	Q_i	R_i	Z_i	Y_i	Q_i	R_i	Z_i	Y_i	Q_i	R_i	Z_i
Operacional	0,660	0,940	0,940	1,000	0,600	0,850	0,850	1,000	0,633	0,900	0,900	1,000
Ambiental	0,360	0,640	0,640	0,880	0,200	0,500	0,500	0,800	0,400	0,633	0,633	0,933
Financeira	0,660	0,940	0,940	1,000	0,200	0,500	0,500	0,800	0,500	0,700	0,700	1,000
Social	0,260	0,500	0,500	0,740	0,350	0,600	0,600	0,900	0,350	0,600	0,600	0,900

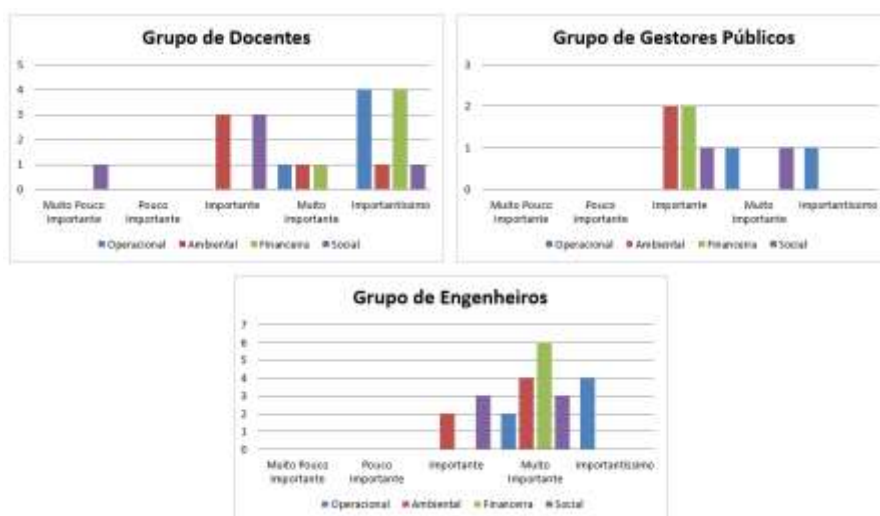


Figura 7: Avaliação das respostas de acordo com os grupos de especialistas

Tabela 4: Indicadores Fuzzy para cada categoria de acordo com os grupos de especialistas

Categorias	Indicador Fuzzy					
	Docentes		Gestores Públicos		Engenheiros	
	I aproximado	I normalizado	I aproximado	I normalizado	I aproximado	I normalizado
Operacional	0,796	0,323	0,731	0,355	0,733	0,337
Ambiental	0,503	0,204	0,409	0,199	0,467	0,215
Financeira	0,796	0,323	0,409	0,199	0,548	0,252
Social	0,367	0,149	0,509	0,247	0,428	0,197

De posse das informações da Tabela 3, Figura 7 e Tabela 4, verifica-se que indicadores Fuzzy para cada categoria, de acordo com os três grupos de especialistas (docentes, gestores públicos e engenheiros), são bem similares entre si. Em todos os casos, a área operacional é a que apresenta maior relevância, e assim como o indicador Fuzzy geral para cada categoria (Tabela 2), não há uma diferença tão grande como no caso dos pesos do QID.

A Figura 8 apresenta a configuração de indicadores Fuzzy geral e de acordo com os três grupos de especialistas.

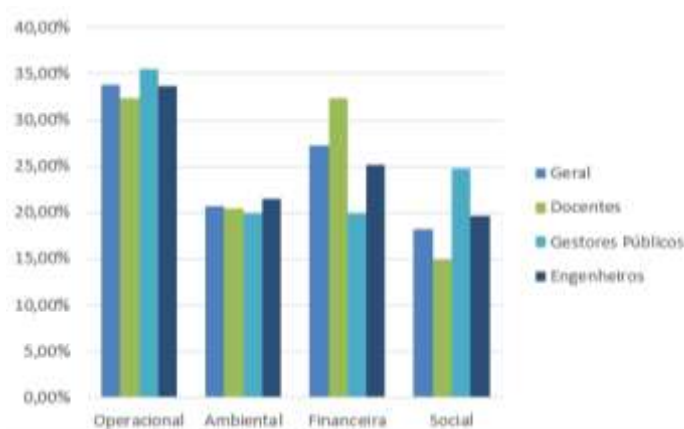


Figura 8: Indicadores Fuzzy geral e de acordo com os grupos de especialistas

Da Figura 8, observa-se que os indicadores Fuzzy de acordo com os grupos de especialistas são bem próximos do valor geral dentro das áreas operacional e ambiental. O mesmo não acontece nas áreas financeiras e social, pois há uma certa diferença dos valores obtidos de acordo com os três grupos de especialistas. Por outro lado, como os pesos estão bem próximos, poder-se-ia definir valores mínimos para corrigir a questão de compensação dos valores das variáveis. No entanto, optou-se por adotar os indicadores Fuzzy geral neste artigo.

Era de se esperar que os valores de indicador Fuzzy por parte dos gestores públicos fossem próximos dos valores dos pesos do QID, já que estes especialistas atuam no setor público. Entretanto, conforme já foi mencionado, este resultado não invalida o procedimento metodológico proposto no artigo, pois não necessariamente a realidade é a melhor configuração ou a situação ótima.

Com o objetivo de tentar buscar uma possível situação em que o indicador Fuzzy de cada categoria fosse igual ao peso do QID, decidiu-se realizar uma análise de sensibilidade e a Tabela 5 apresenta o cenário com os valores linguísticos esperados.

Tabela 5: Análise de sensibilidade

Categorias	Valores linguísticos	Importância				Indicador Fuzzy	
		Y_i	Q_i	R_i	Z_i	I aproximado	I normalizado
Operacional	II	0,700	1,000	1,000	1,000	0,885	0,700
Ambiental	MPI	0,000	0,000	0,000	0,338	0,126	0,100
Financeira	MPI	0,000	0,000	0,000	0,338	0,126	0,100
Social	MPI	0,000	0,000	0,000	0,338	0,126	0,100

Da Tabela 5, observa-se que o indicador Fuzzy possui igual valor ao peso do QID quando a categoria operacional é considerada “Importantíssima” (II) e as outras três categorias são consideradas “Muito Pouco Importante” (MPI). No entanto, nenhum dos 13 especialistas consultados responderam ao questionário com essa configuração de valores linguísticos.

4. CONCLUSÕES

O Brasil é predominantemente um país das estradas. Esta realidade exige uma rede rodoviária sustentável, consistente com os objetivos de desenvolvimento social e econômico do país. Neste cenário, o aumento do uso de PPP no setor de estradas parece ser o mais adequado para promover a inovação e a sustentabilidade no setor (Queiroz e Motta, 2012).

Em um contrato de concessão rodoviária, é esperado que a concessionária da rodovia cumpra com as medidas de eficiência acordadas no contrato, no sentido de manter condições adequadas de serviço dessas estruturas. Além disso, verifica-se a necessidade crescente de mais estudos e informações que possibilitem operações mais eficientes aos gestores de transportes e usuários da via.

Neste artigo é determinado as importâncias das categorias de avaliação acerca do desempenho de rodovias concedidas por meio de um procedimento metodológico. O procedimento metodológico proposto foi aplicado em um estudo de caso (concessão patrocinada das rodovias MG-050, BR-265 e BR-491) e foi utilizada como ferramenta a lógica Fuzzy para modelar as variáveis linguísticas existentes e definir os pesos entre as categorias de avaliação de desempenho.

A teoria de conjuntos Fuzzy foi capaz de modelar o comportamento das variáveis linguísticas existentes e definir os pesos entre as categorias de avaliação de desempenho do estudo de caso deste artigo. Os resultados mostram que na avaliação dos especialistas há uma tendência em se atribuir uma maior importância a categoria operacional em comparação com as categorias ambiental, financeira e social. Foi visto que os indicadores Fuzzy identificados através das análises das respostas dos especialistas do setor não apresentaram a realidade dos pesos das categorias do Quadro de Indicadores de Desempenho (QID), vigentes no contrato da concessão de rodovia em análise. Apesar disso, este resultado não invalida o procedimento metodológico proposto no artigo, pois não necessariamente a realidade é a melhor configuração ou a situação ótima. Dessa forma, a contribuição principal é a de possibilitar operações mais eficientes aos gestores de transportes e usuários da via.

Com vistas a obtenção de indicadores Fuzzy iguais aos pesos do QID, foi realizada uma análise de sensibilidade e ao final foi identificado um cenário com os valores linguísticos esperados. Os resultados apontam que isso acontece quando a categoria operacional é considerada “Importantíssima” e as outras três categorias são consideradas “Muito Pouco Importante”, porém, nenhum membro dos grupos de especialistas consultados (docentes, gestores públicos e engenheiros) respondeu ao questionário com essa configuração de valores linguísticos.

Como proposta de estudos futuros, tem-se a possibilidade de avaliar outras concessões de rodovias e com diferentes grupos de especialistas para avaliar a influência do nível do especialista na resposta do problema. Além do mais, pode-se verificar também o grau de importância dos indicadores de desempenho existentes em cada categoria de avaliação de

desempenho de rodovias concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCR (2016) *Relatório Anual – 2016. Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias*. São Paulo, SP.
- Akasaka, Y.; M. A. V. Silva e I. C. Leal Jr. (2015) Procedimento de escolha e análise de alternativas de transporte para exportação de bioetanol no Brasil. *Journal of Transport Literature*, 9(1), 55-59.
- Ângelo, L. B. (2005) *Indicadores de Desempenho Logístico*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC.
- BRASIL (2017) *Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2017. <http://www.antt.gov.br/rodovias/Concessoes_Rodoviarias/Index.html>. Acesso em julho de 2018.
- Caldeira, L. K. O. (2017) *Regulação de concessão de rodovias: Qualidade regulatória*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, DF.
- CNT (2017) *Boletim Estatístico, dezembro de 2017*. Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt>>. Acesso em: 01/07/2018.
- Leitão, L. J. S. (2007) *Análise do efeito das motocicletas no desempenho operacional de cabines manuais em praças de pedágio*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
- Liang, G. e M. J. Wang (1991). *A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection*. Int. J. Prod. Res., Vol 29, No. 11, 2313-2330.
- Lima Jr., O. F. (2015) Análise e Avaliação do Desempenho dos Serviços de Transporte de Carga. In: Caixeta-Filho, J. V. e R. S. Martins. *Gestão Logística do Transporte de Cargas*. Ed. São Paulo: Atlas, 2015. Cap. 5, p. 108-147.
- Macharis, C. e A. Bernardini (2015) Reviewing the Use of Multi-Criteria Decision Analysis for the Evaluation of Transport Projects: Time for a Multi-Actor Approach. *Transport Policy*, v. 37, pp. 177-186.
- Nabhan, F. M. (2004) *Principais riscos envolvidos na decisão de investimentos em concessões rodoviárias no Brasil*. Monografia. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Queiroz, C. e C. E. Motta (2012) A Review of Key Factors for Implementing Sustainable Public Private Partnership in the Brazilian Road Sector. SIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 53 (2012) 1228 – 1235.
- Santos, T. S., e R. N. Mourão (2013) Estudo do nível de serviço da concessão sob parceria público-privada da rodovia MG-050 / BR-265 / BR-491. *Revista dos Transportes Públicos*, 135, 49–60.
- SETOP (2018a) *Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais. Concessão MG-050*. <<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/program/1477-mg-050>>. Acesso em junho de 2018.
- SETOP (2018b) *Anexo V – Quadro de Indicadores de Desempenho. Edital N° 070/06*. <<http://www.transportes.mg.gov.br/images/documentos/mg050/edital/Anexo%20V%20-%20QUADRO%20DE%20INDICADORES%20DE%20DESEMPENHO.pdf>>. Acesso em junho de 2018.
- Tuskaya G., A. Ozgen; D. Ozgen e U. R. Tuskaya (2009) Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 6(2), 277–290.
- Wang, J.-J.; Y.-Y. Jing; C.-F. Zhang e J.-H. Zhao (2009) Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (2009), 2263–2278.
- Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338–353. University of California, Berkeley, California, USA.

Túlio Silveira Santos (tuliosilveira@tecnico.ulisboa.pt)
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Av. Rovisco Pais, 1 – Lisboa, Portugal

Bruno Guida Gouveia (brunoguida@pet.coppe.ufrj.br)
Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Horácio Macedo, 2030 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil