

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

DESENVOLVIMENTO DE UM INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA COM AUXÍLIO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA

*Luis Fernando Sequinel¹
Roque Rodrigo Rodrigues¹
Carlos Alberto Prado da Silva Junior¹
Heliana Barbosa Fontenele¹

DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT TO EVALUATE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF ROAD MAINTENANCE SERVICES USING THE MULTI-CRITERIA DECISION AID - CONSTRUCTIVIST

Recibido el 1 de febrero de 2018; Aceptado el 9 de mayo de 2018

Abstract

Over the years, the scarcity of investments in conservation of Brazilian paved road network caused an exorbitant drop in its quality. Therefore, actions related to road maintenance and rehabilitation represent a large volume of services, mainly in the most developed regions of Brazil, where the paved network is large, causing several environmental impacts. Environmental management of these services is currently present only in environmental licensing processes. Thus, the aim of this research is to develop an environmental performance index of road maintenance services, based on an array of indicators, using the perception of experts of a highway concessionaire. For this, Multi-criteria Decision Aid - Constructivist (MCDA-C) methodology was used, which resulted in the Environmental Performance Index of Road Maintenance (EPI- RM), based on six indicators, divided into five areas of interest: Waste Management, Environmental Pollution, Equipment Maintenance, Environmental Documentation and Environmental Training. The index value ranged from -134.15 for the worst environmental performance to 140.00 for the best one. The developed index can be considered an objective tool for the continuous monitoring of the environmental management of road maintenance services.

Keywords: environmental indicators, road environmental management, performance index.

¹ Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

*Autor correspondente: Departamento de Construção Civil, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR445 Km 380, CEP 86.057-970– Londrina, PR, Brasil. Email: sequinelutf@gmail.com

Resumo

Ao longo dos anos a escassez de investimentos em conservação da malha rodoviária pavimentada brasileira, fez com que a sua qualidade caísse demasiadamente. Por isso, as ações referentes à manutenção e reabilitação das estradas representam um grande volume de serviços, principalmente nas regiões mais desenvolvidas, onde a malha pavimentada é grande, causando diversos impactos ambientais. A gestão ambiental destes serviços atualmente se resume apenas nos processos de licenciamento ambiental. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é elaborar um índice de desempenho ambiental dos serviços de manutenção rodoviária, baseado em uma matriz de indicadores, utilizando a percepção de especialistas de uma concessionária de rodovias. Para isso, foi utilizada a Metodologia de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C). O resultado obtido foi o Índice de Performance Ambiental da Manutenção Rodoviária (IPA-MR), baseado em seis indicadores, divididos em cinco áreas de interesse: Gerenciamento de Resíduos, Poluição Ambiental, Manutenção de Equipamentos, Documentação Ambiental e Treinamento Ambiental. O valor do índice variou de -134.15 para o pior desempenho ambiental a 140.00 para o melhor desempenho ambiental. O índice desenvolvido pode ser considerado uma ferramenta objetiva para o acompanhamento contínuo da gestão ambiental dos serviços de manutenção rodoviária.

Palavras chave: gestão ambiental rodoviária, indicadores ambientais, índice de desempenho.

Introdução

A preocupação com o desenvolvimento sustentável vem ocupando grande espaço tanto na esfera pública, quanto privada. A partir de 1980, observou-se uma evolução na área da gestão ambiental impulsionada pela Política Nacional do Meio Ambiente e a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Anos mais tarde as normas da série ISO 14000 foram criadas, focando na implantação de Sistemas de Gestão Ambiental nas organizações. As obras contratadas com a Administração Pública Federal desde a publicação do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, obrigatoriamente precisam ter em seus instrumentos convocatórios critérios e práticas de sustentabilidade objetivamente definidos. Na área rodoviária, a maior parte das ações relacionadas ao meio ambiente está na fase de licenciamento, onde são elaborados os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA). Devido à grande gama de itens que compõem os serviços de implantação e manutenção das rodovias, os quais são causadores de diversos impactos ambientais, é extremamente difícil mensurar de maneira objetiva esses impactos. Desta forma, observa-se a necessidade de critérios objetivos para essa avaliação de desempenho. Referente a isso, Jesus (2015) já desenvolveu uma matriz de indicadores de desempenho ambiental, porém baseada apenas na percepção dos órgãos públicos rodoviários. Anteriormente, Leite (2014) desenvolveu matrizes de indicadores baseados na percepção dos especialistas das Concessionárias de Rodovias.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um índice global baseado na matriz de indicadores de desempenho ambiental dos serviços de manutenção rodoviária desenvolvida por Leite (2014), utilizando a Análise Multicritério Construtivista.

Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental

Impacto ambiental é definido por Sanchez (1998) como a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada pela ação humana. Wathern (1988) o definiu como sendo a mudança de um parâmetro ambiental, em um determinado período e em uma determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido começada. Desta forma, conclui-se que todo impacto ambiental é proveniente da interferência humana ao explorar recursos naturais, alterar áreas de vegetação, realizar movimentações de terra, entre outras. Porém, essa interferência se torna indispensável para o desenvolvimento social e melhora na qualidade de vida da população. Assim, se faz necessário um gerenciamento para garantir um desenvolvimento sustentável. A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) em 1987, definiu desenvolvimento sustentável como sendo o desenvolvimento que busca atender as necessidades da geração presente sem comprometer as gerações futuras.

Nos últimos anos, diversos encontros mundiais foram realizados com o objetivo de discutir políticas sustentáveis, o que demonstra a recente preocupação com a situação ambiental do planeta. O produto disto foi a evolução da legislação ambiental, com a criação de leis e decretos, pressionando empresas e órgãos públicos a adotarem ações voltadas ao desenvolvimento sustentável. Segundo Da Luz *et al.* (2006), uma forma das organizações responderem a essas pressões é a implantação de sistemas de gerenciamento ambiental. A ISO 14001 ABNT (2004) define Sistema de Gestão Ambiental (SGA) como parte do sistema de gestão global que inclui a estrutura organizacional, o planejamento de atividades, as responsabilidades, as práticas, os procedimentos, os processos e os recursos para desenvolver, conseguir implementar, analisar criticamente e manter a política ambiental.

Indicadores Ambientais

Um SGA precisa buscar o melhoramento contínuo, que depende de um método de medição de desempenho. Neely *et al.* (1997) definem medição de desempenho como sendo o processo de quantificar a eficiência e a eficácia das atividades de um negócio por meio de métricas ou indicadores de desempenho. Zobel *et al.* (2002) definem desempenho ambiental como a informação analítica oferecida por um conjunto de indicadores que permite comparar entre si ou contra uma referência externa, requisitos ambientais em setores de uma empresa ou em empresas de uma indústria.

Para ser controlado, o desempenho ambiental deve ser avaliado por julgamento ou medido por indicadores (Melo e Pegado, 2002). Para um SGA, os indicadores permitem aos usuários avaliar qualquer processo produtivo ou não, nas questões que envolvem a gestão ambiental e o progresso acerca do desenvolvimento sustentável (Valois *et al.*, 2016).

Gestão Ambiental Rodoviária

As rodovias são componentes da infraestrutura de transportes que demandam manutenção constante (Costa e Sanchez, 2010). O Brasil possui uma extensão de 212.866 km de rodovias pavimentadas, sendo apenas 38,2% classificadas como boa ou ótima pela Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2017). Esses dados reforçam a grande necessidade de execução de obras de Manutenção e Reabilitação nos pavimentos brasileiros.

Nos contratos de concessão, diversas cláusulas vêm sendo adicionadas visando o desempenho ambiental (Costa e Sanchez, 2010), o que reforça a necessidade de fixação de critérios objetivos de avaliação desse desempenho, através da elaboração de indicadores e índices. A única ferramenta oficial, exigida pelos órgãos fiscalizadores são as Licenças Ambientais.

A Portaria nº 289 de 16 de julho de 2013 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) regulamentou o licenciamento ambiental para as rodovias do Brasil. Em seu Art. 9, foi definido que alguns serviços possuem a execução permitida ambientalmente apenas com a Licença de Operação (LO) do trecho, enquanto outros necessitam de licenciamento específico. Os serviços que estão licenciados apenas com a LO não possuem instrumentos para monitoramento contínuo do desempenho ambiental, demonstrando um problema que necessita de solução, uma vez que se tratam de serviços que representam impactos consideráveis ao meio ambiente.

Na área de gestão de infraestrutura de transportes, alguns trabalhos já foram desenvolvidos com o objetivo de criação de índices e indicadores de desempenho. Viviane *et al.* (2014) utilizaram uma análise multicritério para hierarquizar 21 indicadores com base na opinião de profissionais da área, segundo a escala fornecida pelos autores, criando o Índice de Gestão de Estradas Não Pavimentadas (IGENP). A estrutura hierárquica do índice foi composta por duas grandes áreas: domínio técnico-ambiental e domínio socioeconômico. Na primeira, itens como características geométricas, condição da superfície, índice pluviométrico, volume de tráfego e atividades de manutenção realizadas foram consideradas. Já na segunda, os itens foram tipo de transporte, acessibilidade, população atendida e propriedades atendidas. Ao final, foi realizada uma análise de sensibilidade por meio da variação isolada de um parâmetro com três situações iguais relacionadas às características da via (geometria, condição da superfície, etc.), mas com pesos diferentes, mantendo-se fixo o restante dos parâmetros analisados no estudo. Os autores concluíram que o IGENP teve baixa sensibilidade em relação aos parâmetros analisados.

Para avaliação do desempenho ambiental de obras de recuperação de estradas pavimentadas, Costa e Sanchez (2010) desenvolveram o Índice de Não Conformidade Ambiental Crítico (INCACR), dividindo-o em 3 níveis de não conformidade. Para isso, os autores contaram com a colaboração de profissionais de alto conhecimento na área, concluindo que o INCACR é representativo, podendo ser utilizado para avaliação de desempenho ambiental.

Usando a análise multicritério construtivista, Jesus (2015) elaborou uma matriz de indicadores de desempenho ambiental em obras de manutenção rodoviária, com base na opinião de colaboradores do órgão rodoviário do Estado do Paraná, representando assim a percepção do setor público. Pesquisas estão sendo elaboradas para aplicar esses indicadores na composição de um índice para mensuração do desempenho ambiental.

Também usando a MCDA-C, Leite (2014) criou matrizes de indicadores de desempenho ambiental utilizando a percepção dos colaboradores das concessionárias de rodovias. Para isso, ele realizou workshops em algumas das concessionárias de rodovias de dois estados do país (Paraná e São Paulo). Nestes encontros foram feitos *brainstormings* nos quais os participantes apontaram, com base em suas experiências, itens que julgavam importantes na avaliação do desempenho ambiental dos serviços de manutenção rodoviária. Além disso, forneceram um conceito e um aspecto negativo que acarretaria no caso dele ser negligenciado.

Todos os itens foram organizados em mapas cognitivos relacionando as causas e efeitos, sendo que os itens com maiores interligações originaram os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Esses PVFs representam a opinião das concessionárias em relação aos pontos principais para a avaliação do desempenho ambiental dos serviços de manutenção rodoviária.

Análise Multicritério Construtivista (MCDA-C)

A Análise Multicritério é utilizada para mensurar a influência de critérios relevantes para a tomada de uma determinada decisão, e com base nisso auxiliar os gestores. A Análise Multicritério Construtivista (MCDA-C) é uma das formas de realizar esta análise. O termo Construtivista é adicionado tendo em vista que nessas situações, a decisão final é construída com a contribuição de vários atores, sem se saber a priori qual é a decisão final.

A MCDA-C é uma ramificação da MCDA tradicional para apoiar os decisores em contextos conflituosos e incertos, por envolverem múltiplas variáveis qualitativas e quantitativas, parcialmente ou não explicitadas (Ensslin *et al.*, 2001).

Com o uso da MCDA-C, diversos autores criaram índices de desempenho nas mais variadas áreas. Ensslin *et al.* (2010) desenvolveram o índice para avaliação do desempenho de empresas terceirizadas através da qualidade técnica, alinhamento de objetivos e comunicação. Lyrio *et al.* (2008) propôs um modelo para avaliação do grau de transparência das demonstrações financeiras de uma instituição pública. Essa avaliação ficou dividida em duas áreas: publicação e compreensão. Na área de publicação avalia-se a apresentação, defasagem e divulgação dos dados. Na área de compreensão avalia-se a comparabilidade, o entendimento do usuário e o desdobramento das ações.

Nesta pesquisa, a MCDA-C foi utilizada para o desenvolvimento do modelo matemático para a definição do índice que representará o desempenho ambiental das obras de manutenção rodoviária. Para isso, foi utilizado o software M-MACBETH.

O M-MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Category-Based Evaluation Technique*) tem por objetivo permitir a medição de atratividade ou valor de opções através de um modo de questionamento de comparação não numérico, baseado em sete categorias qualitativas: nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema (Costa et. al. 2012).

Metodologia

Nesta seção é apresentado o procedimento utilizado ao longo do trabalho. A presente pesquisa teve como ponto de partida a base de dados obtida por Leite (2014) para a concessionária do Estado do Paraná, objetivando a possibilidade de uma análise regional. Foi utilizada apenas uma, devido ao fato que dentre as concessionárias do Anel de Integração do estado, esta foi a única participante.

Base de Dados

Na figura 1 estão descritos os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) organizados em cinco áreas de interesse.

Área	Pontos de Vista Fundamentais	
Documentação Ambiental	PVF1	EIA/RIMA
	PVF2	Licenças Ambientais
Treinamento e Fiscalização da Mão de Obra	PVF3	Educação Ambiental dos Funcionários
Manutenção de Equipamentos	PVF4	Manutenção dos Equipamentos e Veículos
Planejamento	PVF5	Plano de Destinação dos Resíduos Advindos da Manutenção
Poluição Ambiental	PVF6	Sobras de Material Transportado
	PVF7	Manutenção da Drenagem
	PVF8	Lixo do Canteiro

Figura 1. Pontos de Vista Fundamentais segundo a Concessionária do Paraná (Leite, 2014).

Escolha dos indicadores de desempenho ambiental e escolha dos níveis de referência

Para a definição dos indicadores de formação do índice, buscaram-se instrumentos que melhor representassem o PVF e viabilizassem uma maneira de mensuração do desempenho ambiental de cada um deles. Nesta etapa foi tomado o devido cuidado para que o resultado tomasse a forma mais simples possível, sendo de fácil observação. Na sequência, foram definidos os níveis de referência.

Determinação da escala de avaliação e pesos dos indicadores

Para a determinação da escala de avaliação (pontuação) de cada indicador foi utilizado o software M-MACBETH. Nesta etapa foram realizados julgamentos por alunos de Pós Graduação em Engenharia Civil (programa *stricto sensu*).

Entre os descritores de cada indicador, foi selecionado qual deles representaria um nível neutro, (NN), ou seja, o mínimo desempenho desejável para o indicador. Na sequência foram selecionados os descritores que representariam o nível superior (NS), ou seja, o máximo desempenho desejável para o indicador. Para a obtenção das escalas, os descritores definidos como NN receberam pontuação 0 (zero) pelo software, sendo que todos os descritores inferiores a ele obtiveram pontuação negativa. Já para descritores escolhidos como NS foi atribuída pontuação 100 (cem) e conseqüentemente, aos maiores, pontuação superior. Para a definição da pontuação dos descritores restantes, foram realizados os julgamentos par a par, selecionando em cada caso a atratividade entre eles, utilizando a escala semântica do M-MACBETH: nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema.

Definida a pontuação de cada indicador, foi determinado o peso dentro da sua área de interesse, no caso de áreas com mais de um indicador. Para isso, os indicadores foram ordenados com o uso da matriz de ordenação dos PVFs. Para o desenvolvimento dessa matriz, conforme Villela (2009), o decisor exprime julgamentos holísticos sobre os PVFs respondendo à pergunta: Considere-se uma alternativa com um nível neutro em todos os PVFs. Sendo possível melhorar o impacto do neutro para bom num só PVF, mantendo todos os demais ao nível neutro, seria mais atrativo passar para o nível bom no PVF_i ou no PVF_j?

Com as respostas a essa questão foi montada uma matriz preenchendo a primeira coluna e a primeira linha com os PVFs. O restante dos elementos X_{ij} da matriz são preenchidos com o valor 1 quando a resposta for PVF_i, caso contrário são preenchidos com o valor 0. Ao final dos julgamentos, as respostas das linhas são somadas, e os PVFs são ordenados com base na pontuação de forma decrescente, conforme tabelas 4 e 5. Com os PVFs ordenados, criou-se a matriz de julgamentos de valor no M-MACBETH, julgando a atratividade par a par entre os indicadores, para definir o peso deles dentro da área.

Semelhante ao procedimento para a determinação do peso dos indicadores, os pesos das áreas de interesse também foram determinados ordenando-as e realizando os julgamentos de atratividade entre elas.

Definição do índice global

Com os pesos e a pontuação dos indicadores, foi obtido o índice global através de uma combinação linear ponderada conforme Equação 1, agregando os indicadores e as áreas de

interesse ponderando com o peso resultante dos julgamentos de atratividade de cada um deles, resultando numa função valor (modelo matemático) para o cálculo do índice.

$$I = \sum_{i=0}^n p_i \times a_i$$

Equação (1)

Em que:

I: Índice Global

p: Pesos

a: Indicadores

Resultados e discussões

Nesta seção são apresentados os principais resultados e discussões da pesquisa desenvolvida.

No desenvolvimento da definição dos indicadores, observou-se a necessidade de agrupar PVFs complementares e alterar alguns nomes de áreas de interesse. O PVF1 e o PVF 2 foram agrupados em um indicador apenas, tendo em vista que os mesmos são complementares. O PVF8 que pertencia à área de interesse Poluição Ambiental foi agrupado com o PVF5 e a área de interesse teve o nome alterado para Gerenciamento de Resíduos. A área Treinamento e Fiscalização teve seu nome alterado para Treinamento. Na tabela 1 são apresentados os indicadores finais, juntamente com o PVF que o originou e a área de interesse ao qual está vinculado. Para facilitar a identificação, cada uma das áreas recebeu uma letra para representá-la. Por exemplo, a área “Documentação Ambiental” recebeu a letra A, e o indicador vinculado aos PVFs recebeu a identificação de A1. A área “Poluição Ambiental” recebeu a identificação com a letra E, sendo os indicadores vinculados a ela os identificados por E1 e E2.

Tabela 1. Áreas de interesse e Indicadores

Área	PVF Gerador	Indicador
A - Documentação Ambiental	PVF1 e 2	A1 - Atendimento ao item de existência de Licença Ambiental
B - Treinamento	PVF3	B1 - Percentual de funcionários que fizeram treinamento ambiental nos últimos 12 meses
C - Manutenção de Equipamentos	PVF4	C1 - Percentual de equipamentos com comprovação de manutenção preventiva em dia
D - Gerenciamento de Resíduos	PVF5 e 6	D1 - Atendimento ao item de existência de plano de destinação de Resíduos Advindos da Manutenção
E - Poluição Ambiental	PVF7	E1 - Número de ocorrências de restos de materiais utilizados em serviços de manutenção, anotadas no último mês nas fichas de monitoração
	PVF8	E2 - Número de inspeções do trecho pelas viaturas, para identificar obstruções nos bueiros, obras de arte corrente e drenagem superficial no último mês, anotados nas fichas de monitoração

Os níveis de referência adotados para cada indicador estão indicados no quadro 1, bem como o critério para enquadramento e a respectiva unidade de medida. Os indicadores A1 e D1 receberam níveis de referência qualitativos enquanto que os indicadores restantes receberam 5 níveis quantitativos de referência. Os indicadores com níveis de referência qualitativos não possuem unidade de medida.

Quadro1. Níveis de referência, critérios de enquadramento e unidade dos indicadores gerados

Indicador	Níveis de Referência	Crítérios para enquadramento	Unidade
A1	Atende (NS)	1) Para serviços constantes no Art. 9 da Portaria do MMA que a concessionária possua LO válido do trecho. 2) Para os serviços que necessitem de licenciamento específico, que a concessionária possua LO do trecho e licenciamento do serviços em questão.	-
	Atende Parcialmente (NN)	1) Para os serviços que necessitem de licenciamento específico (não constantes no Art. 9 da Portaria do MMA) e a concessionária possua apenas a LO do trecho e não possua o licenciamento dos serviços em questão. 2) Para os serviços que necessitem de licenciamento específico e que a concessionária não possua LO do trecho e possua apenas o licenciamento dos serviços. 3) A concessionária possui a LO, porém está vencida.	
	Não atende	1) Concessionária não possui nenhum licenciamento.	
B1	100% (NS) 80% 60% (NN) 40% 20%	Será contabilizado o número de colaboradores (terceirizados ou não) que estão participando da execução do serviço, e solicitado a apresentação dos certificados de conclusão de curso/treinamento na área ambiental. O percentual será obtido pela relação entre o número de colaboradores com certificado pelo número total de funcionários relacionados para o serviço analisado.	%
C1	100% (NS) 75% 50% (NN) 25% 0%	Será contabilizado o número de equipamentos disponíveis para a execução do serviço e o número de equipamentos que possuem o plano de manutenção preventiva em dia, conforme orientações do fabricante. O percentual será a relação entre o número de equipamentos que comprovem a manutenção em dia pelo total de equipamentos.	%
D1	Atende (NS)	O serviço possui Plano de destinação e a concessionária comprova que o plano é seguido.	-
	Atende Parcialmente (NN)	O serviço possui Plano de destinação de Resíduos, mas a concessionária não comprova que o plano é seguido.	
	Não atende	Serviço não possui plano de Destinação de Resíduos.	
E1	0 (NS) 1 2 (NN) 3 4 ou mais	O número de ocorrências será obtido pela verificação nas fichas de monitoração do trecho do mês imediatamente anterior ao da data da vistoria.	ud/mês
E2	8 ou mais (NS) 6 4 (NN) 2 0	A periodicidade da inspeção dos dispositivos de drenagem será obtida pela apresentação de todas as fichas de monitoração do mês imediatamente anterior ao da data de vistoria.	ud/mês

Na Figura 2 é apresentada, como exemplo, a matriz de julgamentos de atratividade entre os níveis de referência do indicador B1 (Percentual de funcionários que fizeram treinamento nos últimos 12 meses) construída no M-MACBETH. A matriz representa a atratividade entre o nível de referência da linha e o da coluna, sendo que a diagonal principal da matriz que corresponderia à atratividade entre os níveis iguais recebe a opção nula. Ao final dos julgamentos, a escala de avaliação resultante aparece na coluna Escala atual. Para os demais indicadores os julgamentos foram realizados da mesma forma.

	100	80	60	40	20	Escala atual		
100	nula	frac	moderada	fort-mfort	mt. forte	100	extrema	
80		nula	frac-mod	moderada	forte	50	mt. forte	
60			nula	moderada	forte	0	forte	
40				nula	frac-mod	-75	moderada	
20					nula	-150	frac	
								mt. frac
								nula

Julgamentos consistentes

Figura 2. Matriz de julgamento de atratividade entre os níveis de referência do indicador B1.

As escalas de avaliação para os indicadores A1 e D1, que possuem níveis de referência qualitativos, estão apresentados nas tabelas 2 e 3. Para estes indicadores, cada nível corresponde à uma pontuação específica.

Tabela 2. Escala de avaliação (pontuação) do indicador A1.

Descritor	Pontuação
Atende	100
Atende parcialmente	0
Não atende	-140

Tabela 3. Escala de avaliação (pontuação) do indicador D1.

Descritor	Pontuação
Atende	100
Atende parcialmente	0
Não atende	-125

Na figura 3 são apresentadas em forma gráfica gerada pelo software as escalas de avaliação para os níveis quantitativos. Nos eixos das abcissas estão os níveis de referência e nos eixos das ordenadas as pontuações para o indicador.

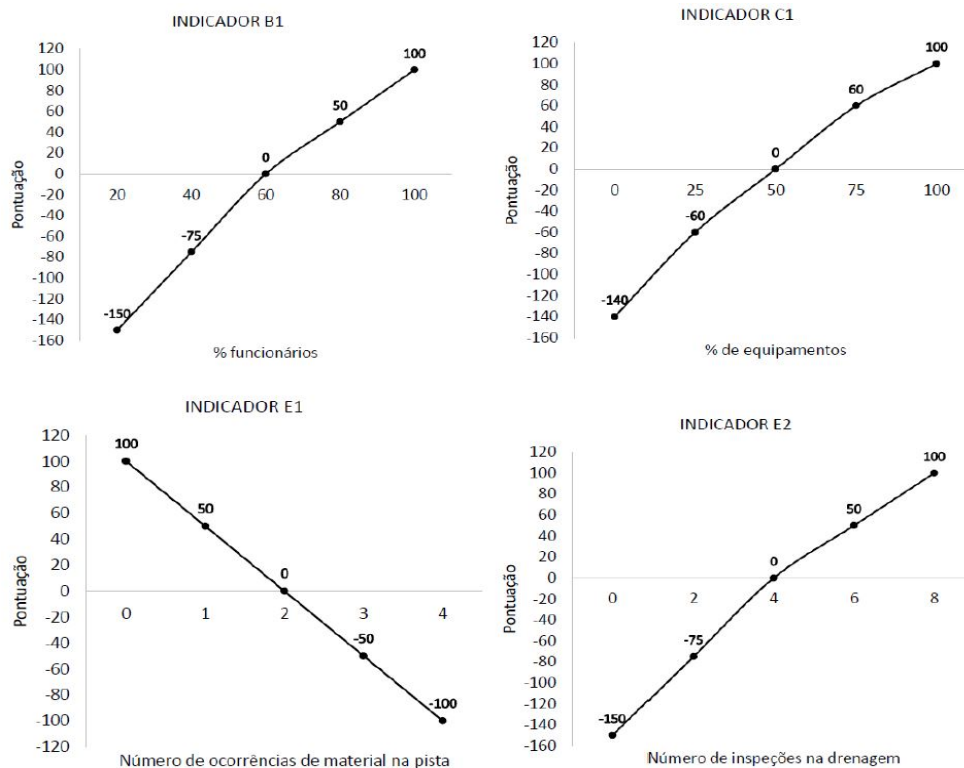


Figura 3. Escala de avaliação (pontuação) dos indicadores B1, C1, E1 e E2.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as matrizes de ordenação dos PVFs e das áreas de interesse, para a definição da hierarquia dos indicadores E1 e E2 dentro da área E, e a hierarquia entre as áreas. O desempate entre as áreas com a mesma pontuação na matriz de ordenação foi realizado através do consenso entre os julgadores.

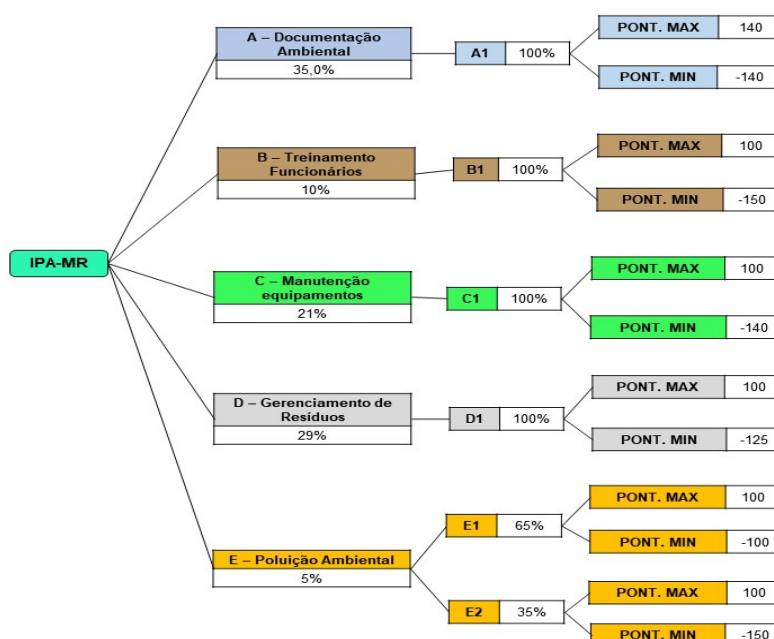
Tabela 4. Matriz de hierarquização dos indicadores dentro da área E.

Matriz de Ordenação (Poluição Ambiental)				
Combinações	Mat_Pista	Drenagem	Total	Ordem
Mat_Pista		1	1	1 ^o
Drenagem	0		0	2 ^o

Tabela 5. Matriz de hierarquização entre as áreas de interesse.

Matriz de Ordenação (áreas)							
Combinações	Docs_Amb	Trein_Fisc	Manut_Equip	Ger_Res	Polu_Amb	Total	Ordem
Docs_Amb		1	1	1	1	4	1 ^o
Trein_Fisc	0		0	1	1	2	4 ^o
Manut_Equip	0	1		0	1	2	3 ^o
Ger_Res	0	0	1		1	2	2 ^o
Polu_Amb	0	0	0	0		0	5 ^o

O resultado da composição final do índice está apresentado na figura 5 onde, através da arborização, é possível observar o peso entre todas as áreas para a formação do índice assim como, nas áreas que possuem mais de um indicador, o peso destes dentro da área. No organograma também consta a pontuação máxima e mínima para cada indicador. Verifica-se que a área com o maior peso para a composição do índice foi a A – Documentação Ambiental. A única área que apresentou mais que um indicador foi a E – Poluição Ambiental, sendo que o indicador com maior peso desta área é o E1, com 65%. O índice gerado recebeu o nome de Índice de Performance Ambiental da Manutenção Rodoviária (IPA-MR).



LEGENDA:

A1: Atendimento ao item existência de Licença Ambiental.

B1: Percentual de funcionários que fizeram treinamento no últimos 12 meses.

C1: Percentual de equipamentos com comprovação de manutenção preventiva em dia.

D1: Atendimento ao item de existência de plano de destinação de resíduos advindos da manutenção.

E1: Número de ocorrências de restos de materiais utilizados em serviços de manutenção anotadas no último mês nas fichas de monitoração.

E2: Número de inspeções do trecho pelas viaturas para identificar obstruções nos bueiros, obras de arte corrente e drenagem superficial no último mês, anotados nas fichas de monitoração.

Figura 5. Arborização da composição do Índice de Performance Ambiental da Manutenção Rodoviária (IPA-MR)

Conclusão

Para a composição do índice proposto, foi possível observar que todos os PVFs levantados para a concessionária tiveram indicadores para mensurar o seu desempenho ambiental, sendo todos de fácil observação, muitas vezes possibilitando sua conferência apenas por análise documental. Um

possível problema a ser encontrado neste levantamento é a falta de dados coletados pela instituição responsável pela gerência da via, como por exemplo, falta das fichas de monitoração do tráfego e anotação dos dados de ocorrência de materiais na pista (indicador E1) ou inspeções nos dispositivos de drenagem (indicador E2). Neste caso, mesmo que a instituição realize os procedimentos de inspeção, porém não apresente registros, não conseguirá comprovar, o que terá um impacto negativo sobre o índice. Dessa forma, o IPA-MR além de mensurar o desempenho ambiental das concessionárias, servirá também como uma ferramenta para auxiliar a gestão, influenciando a adoção de instrumentos de controle e registro de atividades.

Em relação à escala de avaliação dos indicadores, observa-se que é possível e simples converter as observações em campo para a pontuação final do indicador. No caso dos indicadores de níveis qualitativos, essa pontuação é levantada diretamente pelas tabelas. Já quando os níveis são quantitativos, a pontuação é facilmente obtida por meio dos gráficos, sendo possível realizar a interpolação para qualquer valor anotado em campo. Isso demonstra que o M-MACBETH é uma ferramenta eficaz em converter escalas ordinais em cardinais, facilitando a tomada de decisão dos gestores e a identificação de possíveis pontos de desempenho insatisfatório. Quanto ao peso das áreas de interesse, observou-se que a maior influência, segundo a opinião dos julgadores, no desempenho ambiental dos serviços de manutenção rodoviária é a Documentação Ambiental, representada principalmente pela existência ou não de Licença Ambiental. Isso se deve ao fato de que as empresas, para obterem essas licenças, realizam uma série de ações referentes à mitigação de impactos ambientais, como a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA), Relatórios Ambientais Simplificados (RAS), entre outras exigências dos órgãos ambientais.

O menor valor possível do IPA-MR é de -134.15, representando o pior desempenho ambiental. Para se atingir esse valor, todos os indicadores precisam ter pontuação mínima. Em contrapartida, o valor máximo é de 140.00, representando a pontuação máxima em todos os indicadores, portanto o melhor desempenho ambiental.

Por fim, para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação do IPA-MR em trechos de rodovias no país, objetivando validar a ferramenta, realizando ajustes que se façam necessários para que o índice possa ser utilizado como um instrumento para o monitoramento de impactos ambientais e auxílio na busca por melhoria contínua.

Referências bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas ISO 14001 (2004) *Sistema de Gestão Ambiental*

Costa, R. M., Sánchez, L.E. (2010) Avaliação do desempenho ambiental de obras de recuperação de rodovias. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **63**(2), 257-254.

Costa, C. A. B., Corte, J. M., Vansnick, J. C. (2012) MACBETH. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, **11**(2), 359-387.

- CMMAD, Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991). *Nosso Futuro Comum (Relatório de Brundtland)*. 2ª edição, Rio de Janeiro, Editora Fundação Getúlio Vargas, 430 pp.
- CNT, Confederação Nacional de Transportes (2017) Pesquisa CNT de Rodovias 2017, relatório gerencial, 21 ed. Acesso em 17 de novembro de 2017, disponível em:
[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2017\)%20-%20BAIXA.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2017)%20-%20BAIXA.pdf)
- Da Luz, S. O. C., Sellito M. A., Gomes, L. P. (2006) Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio a decisão: Estudo de caso na industria automotiva. *Revista Gestão e Produção*, **13**(3), 557-570.
- Ensslin, L., Giffhorn, E., Ensslin, S. R., Petri, S. M., Vianna, W. B. A. (2010) Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicriterio de apoio à decisão construtivista. *Pesquisa operacional* **30**(1), 125-152.
- Ensslin, L., Montibeller Neto, G., Noronha, S. M. D. (2001) *Apoio à Decisão: Metodologia para Estruturação de problemas e Avaliação Multicritérios de Alternativas*, Insular, Florianópolis, 296 pp.
- Jesus, F. G. (2015) *Indicadores de desempenho para a gestão ambiental dos serviços de manutenção rodoviária*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina, 145 pp.
- Leite, D. F. (2014) *Indicadores de Avaliação do Desempenho Ambiental dos Serviços de Manutenção Rodoviária: A Percepção das Concessionárias de Rodovias*. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Londrina, 93 pp.
- Lyrio, M. V. L., Brotti, V., Ensslin, S. R., Ensslin, L. (2008) Proposta de um modelo para avaliar o grau de transparência das demonstrações financeiras publicadas por uma instituição pública de ensino superior brasileira: a abordagem da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista. *Revista UnB Contábil*, **11**(1-2), 170-186.
- Melo, J., Pegado, C. (2002) Ecoblock. A method for integrated environmental performance evaluation of companies and products (construction case-study). *5th International Conference on Ecobalance*, Tsukuba, Japão.
- Neely, A., Richards, H., Mills, J., Platts, K., Bourne, M. (1997) Designing performance measures: A structured approach. *International Journal of Operations e Production Management, Bradford* **17**(11), 1131-1152.
- Sánchez, L. E. (1998) As etapas iniciais do processo de Avaliação de Impacto Ambiental. *Avaliação de Impacto Ambiental. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente (Documentos Ambientais)*, **1**, 35-55.
- Valois, N. A., Figueiredo, E. J. A., Marinho, M. M. O. (2016) Desafios e oportunidades dos indicadores de desempenho ambiental da Agência Nacional de Transportes Aquaviários para portos organizados marítimos: Uma análise sob a percepção dos gestores ambientais portuários. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais* **4**(2), 155-168.
- Villela, F. R. (2009) *Análise Multicritério para a Definição do Índice de Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica por uma Distribuidora*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 157 pp.
- Viviane, E., Ramos R. A. R., Lavezzo, J. A. S. (2014) Subsídios à validação de um modelo de gestão de estradas não pavimentadas. *6º Congresso Luso-Brasileiro para planejamento urbano, regional, integrado e sustentável*. Lisboa, 2014.
- Zobel, T., Almroth, C., Breaky, J., Burman, J. (2002) Identification and assessment of environmental aspects in na EMSN context: an approach to a new reproducible method on LCA methodology. *Journal of Cleaner Production* **10**(4), 381-396.
- Wathern, P. (1988) An introductory guide to EIA, Environmental Impact Assessment: Theory and Practice. *London> Unwin Hyman*, Unwin Hyman, Editora Routledge, 352 pp.