



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ROQUE RODRIGO RODRIGUES

**ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL
DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA**

ROQUE RODRIGO RODRIGUES

**ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL
DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Heliana Barbosa Fontenele

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Rodrigues, Roque Rodrigo.

Índice para avaliação de desempenho ambiental dos serviços da manutenção rodoviária / Roque Rodrigo Rodrigues. - Londrina, 2018.
161 f. : il.

Orientador: Heliana Barbosa Fontenele.

Dissertação (Mestrado em Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Gestão ambiental - Tese. 2. MACBETH - Tese. 3. Manutenção rodoviária - Tese. 4. VIP Analysis - Tese. I. Barbosa Fontenele, Heliana. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

ROQUE RODRIGO RODRIGUES

**ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DOS
SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Heliana Barbosa
Fontenele
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Eliane Viviani
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Londrina, 18 de maio de 2018.

Dedico este trabalho à minha noiva, à minha família, em especial aos meus pais e meu avô (in memoriam), os quais sempre me compreenderam e me incentivaram durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar e proteger durante minha caminhada.

À Professora Dr.^a Heliana Barbosa Fontenele, pela orientação, compreensão, incentivo e paciência, mas também pela amizade demonstrada durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha noiva que sempre esteve presente e me apoia em todas as minhas decisões.

Aos meus familiares pela compreensão, incentivo e ensinamentos.

Agradeço aos profissionais do colegiado do curso de pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina (UEL) por seus preciosos ensinamentos e colaboração, além dos amigos adquiridos durante esta jornada.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Engenharia de Edificações e Saneamento da UEL pelo suporte fornecido para a realização do mestrado.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos fornecida para o desenvolvimento desta pesquisa.

RODRIGUES, Roque Rodrigo. **Índice para avaliação de desempenho ambiental dos serviços da manutenção rodoviária**. 2018. 161 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

O desenvolvimento e o atendimento das diretrizes propostas nos programas ambientais são de fundamental importância para a minimização dos impactos gerados pelas obras de manutenção rodoviária. Devido a isto, este estudo tem como objetivo desenvolver um Índice de Desempenho Ambiental da Manutenção Rodoviária (IDAMR). O índice é composto por 59 indicadores ambientais criados com base na Metodologia de Apoio à Decisão Multicritério Construtivista (MCDA-C), segundo as opiniões de profissionais especialistas sobre a gestão ambiental rodoviária. Para isto, os indicadores foram agrupados em pontos de vistas fundamentais e elementares. Estes pontos de vistas foram hierarquizados e julgados segundo sua atratividade por meio do método MACBETH. A partir dos níveis de desempenho atribuídos para cada indicador foi possível determinar a função de valor e o peso de cada componente no IDA-MR. Diante dos resultados alcançados, esta pesquisa demonstrou que alguns critérios de avaliação são específicos para o local e realidade vivenciada pelos especialistas entrevistados, entretanto isto não afeta a aplicação do IDA-MR em outras regiões, pois podem ser alterados e os pesos serem redistribuídos sem alterar o resultado final. Além disso, também foi possível verificar que das sete áreas que compõem o índice, as áreas de materiais, de água e de meio biótico receberam maior destaque pelos decisores durante a avaliação. Por fim, é importante ressaltar que a confiabilidade e validade dos resultados gerados pelo IDA-MR foram verificados pelo método *VIP Analysis*, por meio de cenários com diferentes ordens de priorização e análise de valor mínimo, máximo e máximo arrependimento entre os pesos dos PVFs atribuídos por diferentes profissionais. Os pesos do IDA-MR ficaram entre as melhores soluções dos cenários abordados, concluindo-se que estão em concordância com as opiniões dos profissionais especialistas consultados na etapa de geração dos indicadores originais. Logo, a principal contribuição deste trabalho está no desenvolvimento de uma ferramenta versátil para auxiliar o gestor desde a determinação de metas até a identificação de pontos passíveis de melhorias.

Palavras-chaves: Gestão ambiental. MACBETH. Impactos ambientais. Manutenção rodoviária. *VIP Analysis*.

RODRIGUES, Roque Rodrigo. **Performance index for the environmental management of road maintenance services**. 2018. 161 p. Dissertation (Master's degree in Buildings Engineering and Sanitation) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The development and fulfillment of the proposed guidelines in the environmental programs are fundamental for the minimization of the impacts generated by the works of road maintenance. Thus, this study aims to develop of the Road Maintenance Environmental Performance Index (IDA-MR). The index is composed of 59 environmental indicators created based on the Multicriteria Decision Analysis Constructivist (MCDA-C) model, according to the opinions of professionals specialized on the road environmental management. For this purpose, the indicators were grouped in fundamental and elementary viewpoints. These viewpoints were ranked and judged according to their attractiveness through the MACBETH method. From the performance levels assigned to each indicator it was possible to determine the value function and the weight of each component in the IDA-MR. In view of these considerations, this research demonstrated that some evaluation criteria are specific to the location and reality experienced by the professionals specialized interviewed, however this does not affect the application of the IDA-MR in other regions, since they can be modified and the weights redistributed without alteration the end result. In addition, it was also possible to verify that of the seven areas that compose the index, the areas of materials, water and biotic environmental were prioritized among the decision makers during the evaluation. Finally, it is important to emphasize that the reliability and validity of the results generated by the IDA-MR were verified by the VIP Analysis method, through scenarios with different orders of prioritization and analysis of the minimum and maximum value and maximum regret among the weights of the PVFs assigned by different professionals. The IDA-MR weights were among the best solutions of the scenarios addressed, concluding that they are in agreement with the opinions of the professionals specialized consulted in the generation stage of the original indicators. Therefore, the main contribution of this research is the development of a versatile tool to help the manager from the determination of goals to the identification of points for improvement.

Keywords: Environmental management. MACBETH. Environmental impacts. Road maintenance. VIP Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Evolução da gestão ambiental no Brasil	19
Figura 2 -	Fases para obtenção do IDA-MR	44
Figura 3 -	Etapas do procedimento experimental	45
Figura 4 -	Esquema de seleção dos atores	46
Figura 5 -	Exemplo de matriz de julgamento dos níveis de impacto de um dado critério	50
Figura 6 -	Exemplo da sequência de julgamento dos níveis de desempenho de um dado critério	52
Figura 7 -	Exemplo de gráfico de escala MACBETH: quantitativo (X1) e qualitativo (X2)	53
Figura 8 -	Exemplo de histograma de um dado PVF	56
Figura 9 -	Arborização dos PVFs e PVEs	60
Figura 10 -	Critérios de avaliação do PVF-A (Água)	79
Figura 11 -	Critérios de avaliação do PVF-B (Gestão)	82
Figura 12 -	Critérios de avaliação do PVF-B (Gestão)	84
Figura 13 -	Critérios de avaliação do PVE – Equipe	86
Figura 14 -	Critérios de avaliação do PVF-C (Jurídico)	87
Figura 15 -	Critérios de avaliação do PVF-D (Materiais)	88
Figura 16 -	Critérios de avaliação do PVF-E (Meio biótico)	90
Figura 17 -	Critérios de avaliação do PVE – Fauna	91
Figura 18 -	Critérios de avaliação do PVE – Vegetação	92
Figura 19 -	Critérios de avaliação do PVF-F (Segurança viária)	94
Figura 20 -	Critérios de avaliação do PVF-G (Socioambiental)	95
Figura 21 -	FVM dos critérios do PVF-A (Água)	98
Figura 22 -	FVM dos critérios do PVF-B (Gestão)	100
Figura 23 -	FVM dos critérios do PVE – Equipe	102
Figura 24 -	FVM dos critérios do PVF-C (Jurídico)	103
Figura 25 -	FVM dos critérios do PVF-D (Materiais)	104
Figura 26 -	FVM dos critérios do PVF-E (Meio biótico)	106
Figura 27 -	FVM dos critérios do PVE – Fauna	106
Figura 28 -	FVM dos critérios do PVE – Vegetação	107
Figura 29 -	FVM dos critérios do PVF-F (Segurança viária)	108

Figura 30 - FVM dos critérios do PVF-G (Socioambiental)	108
Figura 31 - FVM para os níveis de desempenho dos PVFs	109
Figura 32 - Pesos dos critérios do PVF-A (Água)	110
Figura 33 - Pesos dos critérios do PVF-B (Gestão)	111
Figura 34 - Pesos dos critérios do PVE – Equipe	112
Figura 35 - Pesos dos critérios do PVF-C (Jurídico)	112
Figura 36 - Pesos dos critérios do PVF-D (Materiais)	113
Figura 37 - Pesos dos critérios do PVF-E (Meio biótico)	114
Figura 38 - Pesos dos critérios do PVE – Fauna	115
Figura 39 - Pesos dos critérios do PVE – Vegetação	115
Figura 40 - Pesos dos critérios do PVF-F (Segurança viária)	116
Figura 41 - Pesos dos critérios do PVF-G (Socioambiental)	117
Figura 42 - Pesos dos PVFs no IDA-MR	118
Figura 43 - Arborização dos pesos dos critérios, PVFs e PVEs do IDA –MR	120
Figura 44 - Escala de classificação IDA-MR	123
Figura 45 - Análise prévia	125
Figura 46 - Resultados da primeira análise - cenário 1	127
Figura 47 - Resultados da primeira análise - cenário 2	131
Figura 48 - Resultados da primeira análise - cenário 3	134
Figura 49 - Resultados da primeira análise - cenário 4	136
Figura 50 - Comparação entre cenários com valor mínimo	139
Figura 51 - Comparação entre cenários com valor máximo	140
Figura 52 - Comparação entre cenários com valores de máximo arrependimento	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Amplitude da escala do PVF-X.....	49
Quadro 2 - Normalização da pontuação do PVF-X.....	49
Quadro 3 - Exemplo de matriz de hierarquização de um dado PVF	55
Quadro 4 - Alterações dos critérios do PVF-A (Água).....	62
Quadro 5 - Alterações dos indicadores do PVF-A (Água).....	63
Quadro 6 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-A (Água)	64
Quadro 7 - Alterações dos critérios do PVF-B (Gestão).....	64
Quadro 8 - Alterações dos indicadores do PVF-B (Gestão).....	65
Quadro 9 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-B (Gestão)	66
Quadro 10 - Alterações dos indicadores do PVE – Equipe	67
Quadro 11 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Equipe	67
Quadro 12 - Alterações dos critérios do PVF-C (Jurídico)	67
Quadro 13 - Alterações dos indicadores do PVF-C (Jurídico).....	68
Quadro 14 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-C (Jurídico).....	68
Quadro 15 - Alterações dos critérios do PVF-D (Materiais)	69
Quadro 16 - Alterações dos indicadores do PVF-C (Jurídico).....	69
Quadro 17 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-D (Materiais)	70
Quadro 18 - Alterações dos indicadores do PVF-E (Socioambiental).....	71
Quadro 19 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-E (Meio biótico).....	71
Quadro 20 - Alterações dos critérios do PVE – Fauna.....	71
Quadro 21 - Alterações dos indicadores do PVE – Fauna	72
Quadro 22 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Fauna	73
Quadro 23 - Alterações dos critérios do PVE – Vegetação.....	73
Quadro 24 - Alterações dos indicadores do PVE – Vegetação	73
Quadro 25 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Vegetação	74
Quadro 26 - Alterações dos critérios do PVF-F (Segurança viária).....	75
Quadro 27 - Alterações dos indicadores do PVF-F (Segurança viária).....	75
Quadro 28 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-F (Segurança viária)	76
Quadro 29 - Alterações dos critérios do PVF-G (Socioambiental)	76
Quadro 30 - Alterações dos indicadores do PVF-G (Socioambiental).....	77
Quadro 31 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-G (Socioambiental).....	78
Quadro 32 - Níveis de desempenho dos PVFs	96

Quadro 33 - Legenda de critérios do IDA-MR	121
Quadro 34 - Normalização das escalas dos PVFs	122
Quadro 35 - Normalização das escalas dos PVEs	122
Quadro 36 - Valores prévios dos PVFs segundo os decisores	124
Quadro 37 - Valores dos PVFs segundo os decisores adotados	125
Quadro 38 - Comparação par a par - cenário 1	128
Quadro 39 - Comparação par a par: IDA-MR x alternativas - cenário 1	128
Quadro 40 - Comparação par a par com tolerância - cenário 1	129
Quadro 41 - Comparação par a par alternativas quase ótimas - cenário 1	129
Quadro 42 - Comparação par a par - cenário 2	132
Quadro 43 - Comparação par a par com tolerância - cenário 2	132
Quadro 44 - Comparação par a par - cenário 3	135
Quadro 45 - Comparação par a par com tolerância - cenário 3	135
Quadro 46 - Comparação par a par - cenário 4	137
Quadro 47 - Comparação par a par com tolerância - cenário 4	137

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DER/PR	Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
EPA	Elementos Primários de Avaliação
EVITA	<i>Environmental Indicators for the Total Road Infrastructure Assets</i>
FVM	Função de Valor MACBETH
IDA-MR	Índice de Desempenho Ambiental da Manutenção Rodoviária
IGENP	Índice de Gestão de Estradas Não Pavimentadas
INCACR	Índice de Não Conformidade Ambiental Crítico
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique</i>
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
MCDA-C	Metodologia de Apoio à Decisão Construtivista
MMF	Mapas de Meios e Fins
PaLATE	<i>Pavement Life Cycle Assessment Tool for Environmental and Economic Effects</i>
PBA	Plano Básico Ambiental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PRAD	Plano de Recuperação de Área Degradada
PROMETHÉE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>

PVE	Ponto de Vista Elementar
PVF	Ponto de Vista Fundamental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SAD-THOR	Sistema de Apoio à Decisão
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
UEL	Universidade Estadual de Londrina
VIP	<i>Variable Interdependent Parameters</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVO GERAL	16
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2	GESTÃO AMBIENTAL	18
2.1	VISÃO GERAL	18
2.2	GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIA	20
3	IMPACTOS AMBIENTAIS	23
3.1	IMPACTOS AMBIENTAIS RODOVIÁRIOS	23
3.2	FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	24
4	MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO	29
4.1	METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO (MCDA)	30
4.2	METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA - MCDA-C	31
4.2.1	Diversos Métodos da MCDA-C	33
4.2.2	Método MACBETH	34
4.2.2.1	Fase de estruturação	36
4.2.2.2	Fase de avaliação	38
4.2.2.3	Fase de elaboração de recomendações	39
5	MÉTODO	44
5.1	FASE DE ESTRUTURAÇÃO	44
5.1.1	Base de Dados	45
5.1.2	Operacionalização: Ajustes dos Critérios de Avaliação	47
5.1.3	Níveis de Referência	47
5.2	FASE DE AVALIAÇÃO	49
5.2.1	Obtenção de Informação Ordinal Intra-critério	50
5.2.2	Transição de Informação Ordinal para Cardinal	51
5.2.3	Escala Precardinal MACBETH	52

5.2.4	Informação de Preferência Entre Critérios e Entre PVFs	54
5.2.5	Escala de Atratividade Global	56
5.2.6	Modelo Aditivo de Agregação	57
5.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	57
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	60
6.1	FASE DE ESTRUTURAÇÃO	60
6.1.1	Operacionalização dos Critérios de Avaliação e Indicadores	61
6.1.2	Níveis de Desempenho	78
6.2	FASE DE AVALIAÇÃO	97
6.2.1	Função de Valor MACBETH	97
6.2.2	Peso entre Critérios e PVFs	109
6.2.3	Definição do IDA-MR	119
6.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	123
6.3.1	Cenário 1: Ordenação Livre	126
6.3.2	Cenário 2: Ordenação Jesus (2015)	130
6.3.3	Cenário 3: Ordenação da Média Modificada	133
6.3.4	Cenário 4: Ordenação Atual	136
6.3.5	Considerações Finais Sobre a Análise de Sensibilidade	138
6.4	PARTICULARIDADES DO IDA-MR	142
7	CONCLUSÕES	143
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	145
	REFERÊNCIAS	146
	ANEXOS	154

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura de transporte desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico de um país. Neste aspecto a economia brasileira depende diretamente do transporte rodoviário, seja para suprir a demanda comercial e industrial interna ou no transporte de insumos e mercadorias para exportações. O aumento da demanda, tanto no escoamento da produção quanto no transporte de passageiros, cria a necessidade de melhoria, adequação e expansão da rede viária.

Contudo, estas obras necessitam de uma abordagem cada vez mais orientada para a identificação de opções de construção e gestão voltadas para a redução dos impactos ambientais por elas gerados. Os impactos são gerados, diretamente e indiretamente, desde a sua instalação até a operação, uma vez que exigem a remoção de grandes quantidades de recursos naturais, a movimentação de solos, mudanças na paisagem natural e habitats, os quais devem ser previstos e minimizados desde a etapa de projeto até a manutenção da sua vida útil.

Além disso, no Brasil é grave a deterioração da rede rodoviária existente, devido à falta de investimentos em manutenções periódicas desde décadas passadas, ocasionando a evolução de uma simples trinca no pavimento em uma recuperação total da via, prejudicando diretamente os usuários com o encarecimento, falta de conforto e segurança, como também a intensificação da agressão ao meio ambiente.

Portanto, nota-se a necessidade de pesquisas direcionadas para analisar e acompanhar os impactos ambientais da manutenção rodoviária, onde há diversas variáveis envolvidas que geram vários parâmetros a serem analisados. Ademais, há poucas ferramentas de gestão ambiental voltadas para a área rodoviária, onde os esforços são voltados para a obtenção do licenciamento ambiental, renegando o acompanhamento ininterrupto dos impactos ambientais. Desta forma, o objetivo deste estudo é elaborar um índice composto por uma matriz de indicadores para avaliar o desempenho ambiental deste tipo de serviço, com o intuito de expandir as ferramentas de apoio à gestão ambiental disponíveis para os gestores.

De forma geral, o índice desenvolvido é composto por 59 indicadores, tanto quantitativos quanto qualitativos, divididos em pontos de vistas, obtidos mediante a opinião de gestores do Departamento Estadual de Rodagem do Paraná (DER-PR) e estudantes de pós-graduação, por meio da Metodologia de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C).

A operacionalização do Índice de Desempenho Ambiental da Manutenção Rodoviária (IDA-MR) ocorreu por meio do método de mensurar a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias (do inglês *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique* - MACBETH), permitindo traduzir o julgamento semântico de atratividade entre os indicadores e entre as áreas de interesse para uma função de valor que representa o impacto de cada nível de desempenho, além de fornecer o peso de cada indicador e pontos de vistas na composição do Índice de Desempenho Ambiental da Manutenção Rodoviária (IDA-MR).

1.1 JUSTIFICATIVA

As obras rodoviárias causam impactos ambientais por meio dos serviços de construção, manutenção e durante a atividade de operação. Em virtude da falta de investimento desde décadas passadas em manutenções periódicas, atualmente é grave a deterioração da rede rodoviária existente no Brasil, exigindo a recuperação parcial ou total dos pavimentos e a necessidade de ampliação das estradas, intensificando os danos ao meio ambiente por meio de serviços que geram resíduos e necessitam de recursos naturais. De maneira geral, há a preocupação apenas com o licenciamento ambiental, pois durante esta fase não há tantas exigências pelo poder público para controle dos impactos ambientais quando comparada com as outras fases (planejamento, instalação e execução), ocorrendo à falta de parâmetros para análise destes impactos e, conseqüentemente, há omissão do correto monitoramento dos danos ao meio ambiente durante a vida útil da via.

Entretanto, durante a manutenção de uma rodovia são necessários diversos tipos de serviços com o objetivo de melhorar a qualidade da rede viária, tais como a manutenção do sistema de drenagem, pavimento, sinalização, poda de árvores, entre outros. Todavia, isto gera vários tipos de danos ambientais que precisam ser evitados ou minimizados, pois a variável ambiental encontra-se intrinsecamente ligada a todos os processos relacionados a este tipo de obra, possuindo alta complexidade para análise devido aos diversos fatores que devem ser monitorados. Diante disso, é necessário que esta variável esteja incorporada nas rotinas de trabalho e fiscalização dos órgãos rodoviários para o acompanhamento contínuo e minimização destes impactos.

Deste modo, percebe-se a necessidade de ferramentas e instrumentos de mensuração visando à identificação, padronização e monitoramento de forma contínua dos impactos ambientais relacionados a este tipo de serviço, auxiliando o gestor na tomada de decisão.

Para isto, diversos estudos adotam índices e indicadores, pois estas ferramentas descrevem e simplificam comportamentos ou fenômenos naturais, traduzidos em parâmetros com características qualitativa ou quantitativa, possibilitando visualizar a evolução de uma variável, além de fornecer uma visão geral de sua evolução ao longo do tempo, seja através da comparação com períodos anteriores, situações similares ou até mesmo no estabelecimento de metas.

Portanto, a justificativa para este estudo é baseada na padronização de índice e indicadores ambientais, disseminação da preocupação com os impactos ambientais na fase de manutenção e o seu monitoramento de forma contínua. A partir do desenvolvimento de um índice de desempenho ambiental da manutenção rodoviária, por meio da Metodologia de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C), pretende-se desenvolver uma ferramenta para auxiliar os gestores na tomada de decisão, bem como que possibilite que pontos passíveis de melhorias sejam identificados, visando o alcance de adequados níveis de desempenho ambiental.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver um índice para avaliação do desempenho ambiental da manutenção rodoviária.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o propósito de atingir o objetivo deste trabalho, os seguintes objetivos específicos se fazem necessários:

- Ajustar os critérios de avaliação e indicadores;
- Definir níveis de desempenho, descrição e unidade de mensuração dos critérios de avaliação;
- Identificar níveis de desempenho;
- Determinar a atratividade entre os níveis de desempenho, entre os critérios de avaliação e entre os pontos de vistas;

- Ponderar os pesos entre critérios e entre pontos de vistas;
- Validar os pesos fornecidos pelo M-MACBETH;
- Estruturar o modelo de avaliação do IDA-MR;
- Analisar a sensibilidade do IDA-MR.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte maneira:

No capítulo 1 tem-se a parte introdutória, onde são apresentadas as características do problema, a justificativa e os objetivos para a realização desta pesquisa.

O capítulo 2 trata sobre a gestão ambiental, suas definições, histórico e aplicação na área rodoviária.

No capítulo 3 são abordados os impactos ambientais, suas definições gerais e no setor rodoviário, bem como algumas ferramentas para monitoramento destes impactos na área de transportes.

O capítulo 4 contém a descrição sobre algumas metodologias de apoio a decisão, elencando as principais no âmbito racional e construtivista, finalizando com a abordagem do método MACBETH e *VIP Analysis*.

No capítulo 5 é descrito o método empregado na pesquisa, onde são apresentados os processos para a geração da matriz de indicadores para composição do IDA-MR, além do processo de análise de sensibilidade realizado.

O capítulo 6 apresenta a análise dos resultados obtidos através do método utilizado, como a estruturação e ajustes na base de dados, definição dos níveis de desempenho, geração das funções de valor MACBETH para os itens avaliados, definição da contribuição de cada critério e pontos de vistas no IDA-MR, o desenvolvimento do modelo de avaliação do IDA-MR, e a análise de sensibilidade dos PVFs do IDA-MR.

Finalmente, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões obtidas nesta pesquisa.

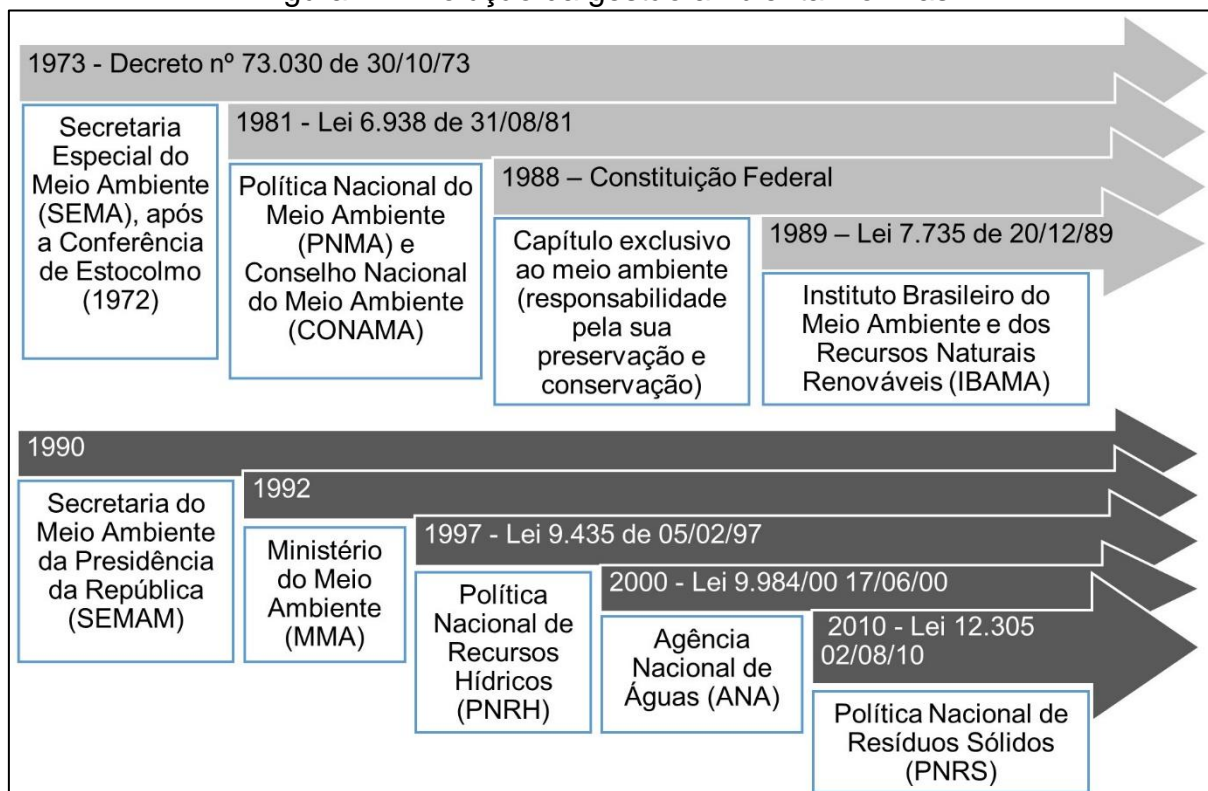
2 GESTÃO AMBIENTAL

A gestão ambiental tem como foco a conservação e manutenção da qualidade ambiental gerada na interação da sociedade com o meio ambiente, traduzindo estas preocupações com os impactos ambientais provenientes da relação sociedade e natureza através de objetivos e políticas ambientais das instituições ligadas às legislações ambientais, possuindo como características um sistema que permite a implantação, fiscalização e mitigação dos impactos no meio ambiente causados pelos processos de produção (COSTA, 2010; ANDRADE, 2012). O seu gerenciamento deve priorizar o zelo pelos ecossistemas e monitoramento dos danos ambientais (PORTO; SCHÜTZ, 2012).

2.1 VISÃO GERAL

No Brasil a evolução da gestão ambiental pode ser elencada em três fases gerais, segundo Paiva (2004): a primeira ocorreu antes dos anos 70 (alienação); a segunda ocorreu entre as décadas de 70 e 80 (gestão ambiental passiva); e a terceira a partir dos anos 90 (gestão ambiental proativa). De modo geral, a primeira fase tem como contexto a época de industrialização do país, havendo alguns instrumentos legais e órgãos públicos responsáveis pelo monitoramento e controle do saneamento e soluções de problemas causados por secas e enchentes. A segunda fase é marcada pela crise do petróleo, os grandes acidentes ambientais e a criação de organizações não governamentais em defesa do meio ambiente. Já na terceira fase, o governo buscou organizar as questões ambientais através da criação de normas, procedimentos e órgãos exclusivos para a temática ambiental. Na Figura 1 é exibida, de forma resumida, a evolução da gestão ambiental no Brasil com a apresentação de alguns instrumentos criados durante a segunda e terceira fase.

Figura 1 - Evolução da gestão ambiental no Brasil



Fonte: Adaptado de Paiva, 2004.

Todas estas ferramentas de controle criadas geraram pressão na iniciativa privada, pois é preciso que eles atendam aos requisitos mínimos estabelecidos pelo governo. Logo, foram criados mecanismos de resposta, tais como: selo verde, auditorias ambientais e atuação responsável. Isto também se deve ao fato dos empresários perceberem os benefícios que a gestão ambiental possibilita por meio da redução de custo no seguro, maior eficiência no processo produtivo e melhoria da imagem pública (PAIVA, 2014).

Desta forma, para os empreendimentos da construção civil o controle é realizado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o qual é responsável por definir responsabilidades, critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental. Para isto, o órgão exige que diversos empreendimentos elaborem o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (BRASIL, 1997), os quais são requisitos para obtenção das licenças ambientais determinadas na resolução CONAMA 237/97:

- Licença Prévia (LP): aprova a viabilidade ambiental do projeto e autoriza sua localização e concepção tecnológica;

- Licença de Instalação (LI): autoriza o início da obra ou instalação do empreendimento;
- Licença de Operação (LO): autoriza o início do funcionamento do empreendimento.

Entretanto, são poucos os instrumentos de gestão ambiental direcionados para a área rodoviária, onde há a preocupação apenas com o licenciamento ambiental, negligenciando o acompanhamento contínuo dos impactos ambientais. Deste modo, esta situação é intolerável devido a atual preocupação com a sustentabilidade do planeta, fazendo com que a gestão ambiental seja considerada de grande importância na elaboração, execução e manutenção de obras rodoviárias (NEVES; HENKES, 2013).

2.2 GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIA

A gestão ambiental rodoviária é definida, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006b), como o conjunto de ações, rotinas e procedimentos que possibilitem garantir a manutenção de padrões de qualidade ambiental para atingir os princípios do desenvolvimento sustentável, visando uma administração que priorize a relação sustentável entre os empreendimentos rodoviários e o meio ambiente.

Durante a análise dos instrumentos de gestão ambiental utilizados pelo setor rodoviário, Rocha (2006) baseou-se em revisão bibliográfica dos marcos regulatórios do setor de transporte e da questão ambiental no Brasil. Foi observada a falta de integração entre os instrumentos de gestão ambiental e da gestão rodoviária. Também se destaca o abismo entre a tomada de decisão e a utilização de instrumentos de gestão ambiental já estabelecidos pela legislação, além da falta de adoção de mecanismos já consolidados em outros países e setores. Desta forma, a autora conclui com a recomendação de algumas diretrizes para a viabilização da gestão ambiental rodoviária, dentre elas destaca-se que a tomada de decisão deve pautar-se em mecanismos que possibilitem a análise contínua dos impactos ambientais e também a utilização de métodos para avaliação constante do desempenho ambiental.

Na análise do licenciamento como instrumento de gestão ambiental rodoviária, Rocha (2014) pontua que o principal desafio deste mecanismo é a falta de clareza nos

procedimentos para as fases de planejamento, construção e operação de rodovias. Com a evolução da resolução CONAMA 237/97 houve um aumento da fiscalização e também uma maior complexidade do licenciamento, pois diversas variáveis ambientais foram incorporadas. Ademais, houve o aumento de mecanismos de controle, mitigação e compensação dos danos ambientais causados pela instalação e operação rodoviária. Entretanto, segundo a autora, é preciso que a preocupação com uma gestão mais eficiente não se limite apenas ao atendimento do licenciamento ambiental, fazendo-se necessárias ações voltadas para o convívio harmônico entre homem e natureza através do equilíbrio ecológico destas obras com o meio ambiente.

O Brasil possui uma legislação ambiental estruturada e fundamentada em leis e decretos, mas há deficiência no monitoramento e controle dos impactos ambientais na área rodoviária. Entretanto, este tipo de abordagem ocorre em outros países, Díaz e Silva (2015) realizaram o estudo sobre as recomendações do “Guia ambiental para projetos de infraestrutura, subsetor estrada – 2011” (do espanhol *Guía Ambiental para proyectos de Infraestructura, subsector vial*) da Colômbia comparando-a com uma revisão bibliográfica sobre indicadores e diretrizes ambientais internacionais de projetos rodoviários. Dentre os programas consultados durante a pesquisa destacam-se: *Infrastructure Sustainability* (2009) – Austrália; *GreenLITES* (2008) – União Europeia; *Greenroads* (2010) – Universidade de Washington; *Envision* (2012) – Universidade de Washington e Harvard.

Os autores observaram que as diretrizes do Guia ambiental se aproximam daquelas adotadas em outros países, mas este se restringe aos aspectos ambientais e sociais, não se preocupando com a sustentabilidade ambiental. Além disso, também é pontuado que, apesar do Guia ambiental fornecer indicadores ambientais, estes não empregaram um desenvolvimento técnico e não possuem uma metodologia de aplicação, tornando-se apenas uma exigência, mas não um instrumento chave na tomada de decisões.

Tendo em vista que a legislação brasileira não se preocupa com o licenciamento nas fases posteriores à operação, a questão ambiental acaba por ser negligenciada pelos gestores durante esta fase. Entretanto, a manutenção de rodovias é de fundamental importância para que seja mantida a qualidade do pavimento, e assim boas condições de rodagem aos usuários. Portanto, muitos programas de recuperação da malha rodoviária começaram a incluir em suas cláusulas requisitos de controle ambiental, voltados não somente para a minimização dos impactos

decorrentes das próprias obras de recuperação, como também para reabilitação das áreas degradadas por atividades realizadas no passado. Desta forma, os gestores destes empreendimentos devem observar uma série de requisitos relacionados ao meio ambiente (COSTA, 2010; COSTA; SANCHÉZ, 2010).

Contudo, a gestão ambiental rodoviária possui variáveis complexas e com características singulares se comparada com outros tipos de empreendimentos comerciais e industriais. No próximo tópico serão elencados os principais danos ambientais relacionados ao setor rodoviário, em particular aqueles presentes na fase de operação da rede viária.

3 IMPACTOS AMBIENTAIS

A legislação brasileira, através da Resolução CONAMA 1/86, caracteriza como impacto ambiental toda alteração sofrida pelo meio ambiente nas suas características físicas, químicas e biológicas, gerada por atividade humanas, com a possibilidade de afetar a saúde, a biota, a qualidade dos recursos naturais, atividades sociais e econômicas e as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.

Desta maneira, o impacto ambiental tem sua ocorrência através de uma ação ou atividade que produz algum tipo de alteração, tanto favorável quanto desfavorável, no meio ambiente ou em alguns dos seus componentes. Logo, qualquer intervenção no meio ambiente, construção, ampliação ou operação de uma infraestrutura rodoviária causará a geração de impactos positivos ou negativos no meio ambiente e em seu entorno (SÁNCHEZ, 2006).

3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS RODOVIÁRIOS

A etapa de implantação, construção e operação de uma obra rodoviária pode causar diversos impactos no meio ambiente devido a sua magnitude e complexidade, pois envolve ações de desmatamento, alteração do sistema natural de drenagem, alta demanda de recursos naturais, elevada geração de resíduos, poluição sonora, entre outros (PANAZZOLO *et al.*, 2012; SINAY; TAMAYO; FOGLIATTI, 2012).

Alguns dos principais impactos ambientais gerados pelos empreendimentos rodoviários são listados a seguir (NEVES; HENKES, 2013; MUZZOLON JUNIOR, 2014; CICILIATO, 2016):

- Meio físico: retirada de solos; erosão em taludes e contenções; terraplenagem, empréstimos e bota-foras; degradação de áreas de canteiro de obras, trilhas e caminhos de serviço; assoreamento de terrenos naturais e cursos d'água; impermeabilização do solo; geração de resíduos sólidos e químicos; lixo urbano nas beiras de estrada;
- Meio biótico: riscos de atropelamento de animais; redução da cobertura vegetal; aumento da pressão sobre ecossistemas terrestres e aquáticos; incêndios nas faixas de domínio; riscos para a vida aquática; afugentamento de fauna;
- Meio socioeconômico: alterações na paisagem; ocupação indevida da faixa de domínio (construções, escavações e descartes, depósito de lixo orgânico);

segurança do tráfego, ruído, vibrações e emissões atmosféricas que pode ter efeito sobre a saúde humana; desapropriações.

Diante do exposto, observa-se que a variável ambiental se encontra intrinsicamente ligada a todos os processos relacionados aos empreendimentos rodoviários, possuindo alta complexidade para análise devido aos diversos fatores que devem ser monitorados. Neste caso, é necessário que esta variável esteja incorporada nas rotinas de trabalho e fiscalização dos órgãos rodoviários para o acompanhamento contínuo e minimização dos impactos ambientais (MUZZOLON JUNIOR, 2014).

3.2 FERRAMENTAS DE MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A avaliação do desempenho ambiental das obras rodoviárias deve ser realizada de forma sistemática e ininterrupta durante todo o período de execução das obras e na fase de operação (COSTA, 2010; COSTA; SANCHÉZ, 2010). A avaliação ambiental é definida por ser uma atividade contínua realizada pelo empreendedor, com a finalidade de verificar o cumprimento de exigências legais ou contratuais por parte de empreiteiros e de quaisquer outros contratos para a implantação, operação ou desativação de um empreendimento (SÁNCHEZ, 2006). Dessa forma, é corriqueira a utilização de um conjunto de indicadores e índices para mensurar e avaliar os vários critérios do desempenho ambiental deste tipo de serviço (COSTA; GRANEMANN, 2015).

Os indicadores e índices traduzem e sintetizam comportamentos ou fenômenos naturais através do estabelecimento de parâmetros com características qualitativa ou quantitativa, permitindo a observação da evolução de uma variável ou estabelecimento de uma relação entre as variáveis, o que em comparação com os períodos anteriores, situações semelhantes e estabelecimento de metas, permite avaliar o desempenho e sua evolução ao longo do tempo (DÍAZ; SILVA, 2015). Contudo, é importante que estas ferramentas possuam mecanismos simples e estáveis para avaliação dos critérios analisados e acompanhamento de sua evolução (GALLARDO; SÁNCHEZ, 2004).

O estabelecimento de indicadores de desempenho ambiental tem sido o foco de atenção de diversos estudos em todo o mundo (CAMPOS; MELO, 2008). Na área

de infraestrutura de transportes destacam-se aqui as pesquisas de Martins (2005), Omena e Santos (2008), Costa e Sánchez (2010), Gomes e Malheiros (2012), Panazzolo *et al.* (2012), Ratton, Sobanski e Ratton (2013), Viviani, Ramos e Lavezzo (2014), Pellecuer, Assaf e St-Jacques (2014), Celauro *et al.* (2016) e Jesus (2015) que estão relacionadas ao desenvolvimento de ferramentas de monitoramento para as diversas variáveis presentes na gestão rodoviária, incluindo os impactos ambientais, para auxiliar a tomada de decisão dos gestores.

Com o objetivo de buscar suporte ao processo de gestão ambiental de operação rodoviária, Martins (2005) criou um banco de dados georreferenciados através da análise das atividades ligadas à operação rodoviária e os seus respectivos impactos negativos associados a cada uma. O banco de dados desenvolvido contém informações sobre a rodovia e sua área de influência, além de 12 indicadores ambientais divididos em meio físico, biótico e antrópico. Também foram pontuados todos os impactos ambientais causados pela operação rodoviária, correlacionando estes aos indicadores gerados, que resultou no estabelecimento de metas a serem alcançadas e na definição de medidas mitigadoras.

Com base na revisão bibliográfica, na pesquisa de Omena e Santos (2008) foi realizada a comparação das recomendações de manuais sobre impactos ambientais com o EIA e a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) adotados para a construção de uma rodovia. No decorrer da etapa de construção foram gerados diversos passivos ambientais em vários trechos. Durante a comparação do EIA e AIA com as recomendações dos manuais, observou-se que a componente ambiental foi renegada durante a implantação da estrada. Contudo, no mesmo ano da entrega foi elaborado um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) contendo algumas medidas corretivas. Entretanto, a falta de mecanismos para o acompanhamento das ações mitigadoras enfraqueceu a adoção do PRAD, onde poucas medidas foram adotadas. Desta forma, os autores reforçam a necessidade de adotar a avaliação ambiental como ferramenta de gestão durante todas as etapas de uma rodovia.

O índice de avaliação do desempenho ambiental para obras de recuperação de estradas pavimentadas considerando as não conformidades ambientais - o Índice de Não Conformidade Ambiental Crítico (INCACR) - foi desenvolvido durante a pesquisa de Costa e Sánchez (2010). A determinação dos pesos de cada um dos 3 níveis de não conformidade foi baseada na opinião de profissionais de alto conhecimento da área. Ao final do estudo os autores indicaram que o INCACR foi

considerado representativo e útil na avaliação de desempenho ambiental de empreendimentos rodoviários para os mesmos critérios adotados na pesquisa.

Para identificar a abordagem sustentável de indicadores ambientais Gomes e Malheiros (2012) realizaram um levantamento teórico sobre as boas práticas na construção e uso de indicadores ambientais relacionados à sustentabilidade através da criação de alguns critérios de avaliação dos indicadores, validando os resultados por meio de oficinas com diferentes especialistas. Logo, os autores concluíram que os indicadores ambientais servem para auxiliar na compreensão, retratar de forma clara e sucinta os aspectos avaliados, servindo como apoio à tomada de decisão. O emprego de oficinas se mostrou eficaz, pois as experiências e conhecimentos de cada especialista auxiliou para o consenso sobre a adoção dos critérios de análise e o quanto os indicadores ambientais estão relacionados à sustentabilidade de uma atividade produtiva.

A definição de possíveis impactos ambientais negativos gerados a partir da construção de uma rodovia foi o tema do trabalho de Panazzolo *et al.* (2012). Para isto, a metodologia adotada foi à revisão bibliográfica das proposições feitas pelo DNIT (2006), EIA e RIMA de uma rodovia. Foram identificados os impactos negativos aos meios físico, biótico e antrópico criados pela implantação de uma rodovia, elaborando ao final do estudo ações mitigadoras e compensatórias apresentadas em programas ambientais estruturados em um Plano Básico Ambiental (PBA) com o objetivo de compatibilizar a obra ao conceito de preservação ambiental com a redução dos impactos ambientais por ela causados.

Durante a supervisão e execução dos programas ambientais na fase de implantação de uma rodovia, Ratton Sobanski e Ratton (2013) destacam a metodologia de aplicação das fichas de monitoramento ambiental dos programas na obra, a qual contemplava 51 tópicos de avaliação (indicadores) extraídos dos programas ambientais. As fichas se apresentavam em formato de *check list* com o registro das ocorrências. O preenchimento era feito semanalmente e com base na avaliação dos índices de satisfação e atendimento à regularidade ambiental de cada item, com níveis de atribuição entre 1 a 4, correspondendo ao não atendimento até o plenamente atendido. Em uma análise comparativa entre os resultados das inspeções houve significativas melhorias no desempenho ambiental, com a diminuição do não atendimento e aumento do plenamente atendido. Desta forma, evidenciou-se que a

utilização de indicadores e o acompanhamento contínuo dos programas adotados atua de forma positiva para a minimização e controle dos impactos ambientais.

O Índice de Gestão de Estradas Não Pavimentadas (IGENP) foi desenvolvido durante a pesquisa de Viviani, Ramos e Lavezzo (2014). Os indicadores do IGENP foram hierarquizados através de técnicas de análise multicritério. A contribuição de cada um dos 21 indicadores foi baseada na opinião de especialistas na área, segundo a escala fornecida pelos autores. Uma análise de sensibilidade foi realizada por meio da variação isolada de um parâmetro com 3 situações iguais relacionadas às características da via (geometria, condição da superfície, etc.), mas com pesos diferentes, mantendo-se fixo o restante dos parâmetros. Ao final os autores verificaram a baixa sensibilidade do IGENP em relação aos parâmetros analisados no estudo, ou seja, as estradas prioritárias iniciais permaneceram com a mesma ordem, apenas os parâmetros intermediários apresentaram alterações, mas com diferença na terceira casa decimal.

Na pesquisa sobre a avaliação dos benefícios ambientais do ciclo de vida da manutenção do pavimento, desenvolvida por Pellecuer, Assaf e St-Jacques (2014), são utilizados indicadores para determinar os níveis de ruído, emissão de poluente, saúde e economia. Com base nestas ferramentas foi possível constatar que, dentre os tratamentos alternativos de manutenção, a manutenção preventiva mostrou ser mais efetiva na mitigação de impactos ambientais em longo prazo do que nos tratamentos de manutenção corretiva. Destacando a funcionalidade dos indicadores para auxiliar no monitoramento de variáveis ambientais e também na tomada de decisão.

A partir da metodologia PaLATE (do inglês *Pavement Life Cycle Assessment Tool for Environmental and Economic Effects*) Celauro *et al.* (2016) conseguiram analisar diversos indicadores relacionados ao ciclo de vida dos materiais, abordando desde sua produção até a aplicação. Desta forma, os autores concluíram que levando em consideração o impacto ambiental causado para a produção dos materiais, aqueles oriundos de jazidas naturais causam um maior impacto do que aqueles produzidos com materiais reciclados (pavimento asfáltico com agregado reciclado; solo estabilizado com cal). Contudo, quando na análise financeira o material natural possui um custo menor. Entretanto, os autores salientam que na combinação de um plano de gerenciamento com a manutenção total do pavimento a cada 5 anos e a adoção de materiais reciclados é possível obter um desempenho financeiro e

ambiental melhor do que na utilização de agregados naturais. Desta maneira, observa-se que os indicadores aliados à metodologia PaLATE podem auxiliar na tomada de decisões para escolha de materiais na construção de rodovias.

Com o foco na manutenção de estradas pavimentadas, Jesus (2015) desenvolveu indicadores a partir de uma análise por meio da MCDA-C. Assim, estes elementos foram estabelecidos de acordo com os pontos de vista obtidos em workshops realizados com alunos de mestrado e com profissionais do órgão rodoviário do estado do Paraná. Ao todo foram obtidos 185 conceitos, os quais foram filtrados em 82 critérios e, divididos nas seguintes áreas: água; gestão; equipe; jurídico; materiais; meio biótico; fauna; vegetação; segurança viária e socioambiental. Além disso, também foi gerada a descrição dos critérios de avaliação e determinação dos seus respectivos indicadores.

Ainda no que concerne ao assunto, mas de uma forma mais ampla em termos de desempenho ambiental de obras rodoviárias, destaca-se o projeto EVITA (do inglês *Environmental Indicators for the Total Road Infrastructure Assets*). O projeto, desenvolvido na Europa, teve como objetivo principal a elaboração de indicadores ambientais para a caracterização do desempenho de infraestruturas rodoviárias no continente europeu. Ao final do estudo foram propostos quatro grupos de indicadores ambientais: ruído, poluição do ar, poluição da água e impactos nos recursos naturais (ANTUNES; MARECOS, 2013).

No Brasil ainda são poucos os estudos direcionados ao desenvolvimento de ferramentas de gestão ambiental voltadas para a manutenção rodoviária e quando isto ocorre, estes são muito específicos para a região do estudo. Nas pesquisas dirigidas por Lisboa (2003), Martins (2005) e Paiva (2004) é possível observar o desenvolvimento de indicadores ambientais relacionados com as áreas de estudo de traçado e operação rodoviária. Contudo, observa-se que os estudos apresentados anteriormente, em geral, pautaram-se na tradução da opinião de especialistas da área, através de metodologias de apoio à decisão, para formular indicadores e índices com o objetivo de fornecer subsídio para a tomada de decisão dos gestores, segundo a base de dados gerados por estas ferramentas.

4 MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A tomada de decisões compreende situações complexas ou de incerteza, onde o problema de decisão normalmente envolve grupos com interesses diferentes, ideias conflituosas e com diversos objetivos e alternativas. Durante a tomada de decisão com multicritérios de avaliação, pode ocorrer trocas entre alternativas com o objetivo de optar pela aquela que atende uma gama maior dos objetivos em detrimento a uma menos impactante (LUZ; SELLITTO; GOMES, 2006).

Na área ambiental, as decisões relacionadas aos problemas ambientais possuem certo grau de incerteza acerca das possíveis consequências das alternativas, soluções e estratégias disponíveis. Desta maneira, é viável a utilização de métodos multicritérios neste campo (LUZ; SELLITTO; GOMES, 2006).

No geral, há vários métodos que auxiliam o gestor a gerenciar os seus problemas e dão suporte para a tomada de decisão, gerando indicadores e índices com o objetivo de selecionar, ordenar, classificar ou descrever possíveis alternativas no contexto decisório na presença de múltiplos critérios. Diante das várias divisões empregadas para classificar os métodos de apoio multicritério à decisão, a de maior utilização é a que subdivide os métodos em Escola Americana e Escola Francesa/Europeia. Na Escola Francesa os métodos utilizam a noção de relação de superação, enquanto que na Escola Americana é baseado na noção de agregar todas as informações de determinado problema através de uma grande síntese (MACHADO; ENSSLIN; ENSSLIN, 2015).

É importante destacar que a diferença entre os vários métodos da Escola Francesa é o tipo de problemática abordada, pelas informações inter e intracritérios necessárias e pela quantidade de relações de superação construídas e utilizadas, gerando uma abordagem construtivista do problema, também definida como MCDA-C. Exemplos desses métodos são: ELECTRE I, II e III (do francês *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*); Sistema de Apoio à Decisão (SAD)-THOR; TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério); PROMETHÉE I e II (do inglês *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*); e MACBETH (Chaves *et al.*, 2010).

Os métodos multicritério da Escola Americana buscam sintetizar todas as informações do problema por meio de sua agregação, ou seja, uma análise multicritério de decisão (MCDA). Exemplos desses métodos são: a Teoria de Utilidade Multiatributo (do inglês *Multi-Attribute Utility Theory* – MAUT); e o Método de Análise

Hierárquica (do inglês *Analytic Hierarchy Process* – AHP) (MACHADO; ENSSLIN; ENSSLIN, 2015).

Na comparação destas diferentes escolas pode-se pontuar que a principal distinção é que a MCDA possui uma visão limitada e muito técnica para a análise de decisão e durante a escolha da melhor solução entre as alternativas existe apenas a estruturação do problema em duas etapas: formulação e avaliação. Ao passo que na MCDA-C o problema é abordado em três etapas: estruturação; avaliação; recomendações; permitindo a flexibilidade no enquadramento das problemáticas e facilitando a interpretação do problema. A última etapa de recomendações também auxilia o gestor no processo de decisão (GOMES, 2005; CHEN; KILGOUR; HIPEL, 2008).

A seguir serão abordados os métodos da MCDA e MCDA-C supracitados, visando uma melhor compreensão de seus métodos operacionais e estruturação.

4.1 METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO (MCDA)

Dentre os métodos existentes na MCDA destaca-se nesta pesquisa o AHP e o MAUT. O método AHP, desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970, tem como objetivo organizar os critérios de forma hierárquica, onde o problema em questão assume a posição do topo da hierarquia (LUZ; SELLITTO; GOMES, 2006).

Este método foi utilizado por Ciciliato (2016) para fornecer subsídios para supervisão ambiental de rodovias aos envolvidos na gestão ambiental (concessionárias de rodovias, agências governamentais e órgãos fiscalizadores) por meio da análise relativa de variáveis a serem utilizadas no processo de conformidade ambiental, buscando analisar e priorizar aspectos ambientais e normativos para definir a importância dos mesmos. Ao final foram criados vários critérios de avaliação e seus respectivos pesos para diferentes áreas de supervisão ambiental.

Na MAUT, a abordagem do problema decisório é feita por meio da análise do resultado de cada alternativa e sua correspondente consequência para determinado critério de avaliação. A interpretação das preferências é realizada por meio da construção de funções utilidade. Essas funções retratam o desejo do decisor, associando um valor aos resultados que ele poderá obter. No caso de um mesmo problema cada pessoa pode adotar uma decisão diferente, porém cada decisão

envolve a disposição da mesma em assumir o risco de cada alternativa (MACHADO; ENSSLIN; ENSSLIN, 2015).

Com o objetivo de verificar o uso da decisão multicritério para apoiar a avaliação dos programas de pós-graduação realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Miranda e Almeida (2004) utilizaram o método MAUT para analisar a classificação dos programas. O método foi aplicado aos dados coletados pela CAPES no triênio 1998/2000 dos cursos de pós-graduação da área Engenharias III. Os autores concluíram que o método possibilitou comparar os resultados e avaliar a forma de tratamento dado ao problema de avaliação dos programas de pós-graduação, concluindo que o conceito final do programa corresponde à contribuição de cada critério de avaliação, de forma aditiva, ponderada pelos respectivos pesos estabelecidos pela CAPES.

4.2 METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA - MCDA-C

De acordo com Ensslin *et al.* (2010), a MCDA-C surgiu como uma ramificação da MCDA tradicional para apoiar os decisores em contextos complexos, conflituosos e incertos. São complexos por envolverem múltiplas variáveis qualitativas e quantitativas, parcialmente explicitadas ou não. São conflituosos por envolverem múltiplos atores com interesses não necessariamente alinhados e/ou com preocupações distintas do decisor, que não tem interesse de confrontá-los, mesmo reconhecendo que eles estarão disputando os escassos recursos. São incertos por requererem o conhecimento de informações qualitativas e quantitativas que os decisores reconhecem não saber quais são, mas que desejam conhecer para poder tomar decisões conscientes, fundamentadas e segundo seus valores e preferências (Zimmermann, 2000).

Logo, o objetivo da MCDA-C é organizar a complexidade manifestada pelo número de variáveis, assim como o elevado número de aspectos opostos e as oposições entre os atores envolvidos a respeito dos objetivos que devem ser tidos em conta no processo de avaliação de desempenho do contexto (ENSSLIN *et al.*, 2010).

O processo da MCDA-C estabelece uma estrutura hierárquica, onde a meta do problema, ou o objetivo do processo decisório, é o nível mais alto. Logo, a MCDA-C é dividida em três fases distintas, intrinsecamente correlacionadas: a) estruturação do

modelo; b) avaliações dos participantes (atores); c) considerações finais (LIMA; RAMOS; FENANDES JUNIOR, 2009).

De maneira geral, a MCDA-C também adota três convicções básicas do processo decisório: a) características subjetivas (baseada no juízo de valor dos atores) e objetivas (ações na tomada de decisão) que são indissociáveis e interligadas; b) construção do conhecimento dos atores através do processo ensino-aprendizagem durante a construção dos critérios; c) adoção do construtivismo através do espelhamento das preferências dos atores no modelo gerado (RODRIGUES, 2014).

Para isto é preciso conhecer e definir quem são os atores envolvidos no processo decisório (LONGARAY; ENSSLIN, 2013):

- Decisor: responsável pela resolução do problema em questão e por validar a decisão;
- Intervenientes: possuem influência direta nas decisões do decisor;
- Agidos: são os que sofrerão as consequências da tomada de decisão e não tem poder para interferir nela diretamente;
- Facilitador: é aquele responsável por auxiliar na construção do modelo de avaliação, podendo contribuir com recomendações para o decisor.

Em seguida, é necessário centralizar uma problemática de referência que permita identificar com clareza as situações de estruturação e avaliação para a modelagem do contexto decisório. Na fase de estruturação tem-se a definição do problema por meio da geração de conhecimentos e agregação de elementos relacionados a ele. Já a fase de avaliação representa a construção do modelo a ser empregado para “contabilizar” os impactos dos critérios definidos previamente (ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000).

Portanto, a forma como o gestor compreende a realidade está relacionada ao modo como o problema é estruturado, facilitando a identificação das melhores soluções a serem empregadas para obter os resultados aguardados (ENSSLIN *et al.*, 2010).

Desse modo, o emprego da MCDA-C ocorre em diferentes áreas, como por exemplo na avaliação de desempenho organizacional de empresas, avaliação de fornecedores, atendimento às clientes e na área educacional (JESUS, 2015).

O emprego da MCDA-C na pesquisa de Bortoluzzi, Ensslin e Ensslin (2005) os auxiliou no desenvolvimento de indicadores para uma avaliação de desempenho econômico-financeiro de uma empresa. De acordo com os autores, esta metodologia foi fundamental por conta de sua capacidade em considerar as percepções do decisor e as integrar em um modelo de avaliação que seja uma representação da realidade da empresa envolvida no processo.

Com o objetivo de realizar a avaliação de um curso de graduação Lima *et al.* (2013) também utilizaram a MCDA-C. Segundo os autores, com a utilização da metodologia multicritério foi possível explicitar de forma estruturada os desempenhos considerados insatisfatórios ou satisfatórios.

Desta forma, a MCDA-C demonstra ter potencial para estruturação do modelo de avaliação da gestão ambiental do serviço de manutenção rodoviária, contribuindo para coleta das opiniões de todos os participantes da pesquisa de Jesus (2015), concatenando diferentes opiniões em um denominador comum traduzido numericamente pelos indicadores identificados pelo autor.

Entretanto, é importante que estas ferramentas possuam mecanismos simples para avaliação dos critérios analisados e acompanhamento de sua evolução. Desta forma, é necessário que os indicadores possuam uma escala em comum que permita a agregação destes em um índice global. Este processo é facilitado através da utilização de diferentes métodos, tais como: SAD-THOR; TODIM; PROMETHÉE I e II; ELECTRE I, II e III; MACBETH.

4.2.1 Diversos Métodos da MCDA-C

Dentre os métodos existentes na MCDA-C destacam-se nesta pesquisa o SAD-THOR, o TODIM, o PROMETHÉE I e II e o ELECTRE I, II e III.

O SAD-THOR é um processo que envolve elementos discretos, alternativas e decisores. Durante o processo decisório é eleito um centro decisor que irá responder a uma rodada de perguntas ao software para formular o modelo de avaliação e ordenar as alternativas da mais atrativa para a menos atrativa. Desta forma, o decisor pode avaliar a sua capacidade de quantificar os critérios e alternativas, com o objetivo de chegar o mais próximo possível do esperado por ele (TORRES; ESPENCHITT; LINS, 2010).

O TODIM é um método híbrido que adapta aspectos da abordagem de subordinação, noção de fluxo líquido de superação (método PROMETHEE) e aspectos da MAUT, por utilizar a medida global de valor das funções de utilidade multiatributo. Desta forma, este método teve sua criação para solucionar problemas de ordenação de alternativas segundo as preferências do decisor na presença de múltiplos critérios, relacionando à teoria dos prospectos que adiciona a percepção de risco do decisor em relação a cada critério, levando em conta o construtivismo (MADEIRA JUNIOR *et al.*, 2010).

Já o método PROMETHÉE I tem como objetivo realizar uma pré-ordem das alternativas, enquanto que o PROMETHÉE II executa uma pré-ordem completa das alternativas. De modo geral, o diferencial deste método é a utilização de até seis tipos diferentes de funções para descrever os critérios avaliados. Em que cada tipo de critério se caracteriza por uma função que busca representar a preferência do decisor com valores variando entre 0 e 1 (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2003).

No método ELECTRE o funcionamento ocorre com base em um algoritmo para análise de problemas de decisão com múltiplos critérios, onde o seu objetivo é reduzir o tamanho de conjunto das alternativas por meio da classificação com base no critério da dominância de uma alternativa sobre outra. Neste caso, o método ELECTRE se divide em três partes: ELECTRE I é a fase de estruturação; ELECTRE II é método de decisão; ELECTRE III aborda as incertezas associadas às propriedades por meio de valores *fuzzy* ou difusos (PERDIGÃO *et al.*, 2012).

Além dos métodos citados também há o MACBETH, que será abordado em maiores detalhes.

4.2.2 Método MACBETH

MACBETH é um método baseado na análise multicritério de decisão construtivista idealizado por Carlos Antonio Bana e Costa e Jean-Claude Vansick em 1994. Nele a tomada de decisão tem uma abordagem por meio da medição da atratividade, utilizando técnicas de avaliação com base em categorias, mediante a construção de escalas numéricas de intervalos fundamentadas nos julgamentos dos decisores, respeitando as diferenças de atratividade entre duas alternativas (PERDIGÃO *et al.*, 2012).

Este método traduz numericamente os julgamentos dos decisores em relação à atratividade global das ações, incorporando a representação numérica da informação com os critérios ou pontos de vistas analisados. A preferência do decisor é mensurada através da sua atratividade entre os pares das alternativas, onde a mesma é quantificada pelo uso de uma escala de diferença de atratividade de 6 categorias semânticas, sendo: muito fraca; fraca; moderada; forte; muito forte; extrema (BANA e COSTA *et al.*, 2013).

A aplicação do método MACBETH pode ser observada em diferentes áreas, permitindo a modelagem de diferentes situações, traduzindo variados contextos decisórios e opiniões em modelos de avaliação que auxiliam à tomada de decisão, como é o caso nos trabalhos de Gomes e Alencar (2005), Zamcopé *et al.* (2010), Bana e Costa, Silva e Correia (2014) e Chaves *et al.* (2016).

O método MACBETH foi utilizado na pesquisa de Gomes e Alencar (2005) para criação de um índice de produção ponderado para bibliotecas, com o objetivo de servir de referencial de comparação entre bibliotecas. O índice é composto dos vários serviços prestados pelas bibliotecas e para indexá-los foram utilizados pesos gerados a partir dos julgamentos de valor de um bibliotecário associando a importância relativa entre os serviços.

No desenvolvimento de um modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos de uma indústria têxtil, Zamcopé *et al.* (2010) adotaram o método MACBETH. Isto permitiu avaliar o desempenho e identificar pontos passíveis de melhoria dos operadores logísticos com base na opinião dos decisores. Por meio da avaliação de diversas estratégias foi possível pontuar algumas alternativas que possuem grande impacto na avaliação global, auxiliando na tomada de decisões.

Com o objetivo de avaliar opções de controle de inundações de determinada bacia hidrográfica, Bana e Costa, Silva e Correia (2014) aplicaram o método MACBETH. Para isto, na fase de estruturação, foram identificadas as principais áreas de interesse: ambiental, social e técnica. Logo, a abordagem MACBETH foi utilizada para construir um modelo de avaliação quantitativo baseado em julgamentos de valor qualitativos formulados por um grupo de especialistas de diferentes áreas técnicas e científicas. O modelo permitiu avaliar o benefício geral associado a cada opção analisada e também a realização de análise de sensibilidade, através da variação individual do peso de cada critério e o seu resultado no índice de cada opção.

Para a criação de um modelo de avaliação para a seleção de um jogador a ser convocado pela seleção brasileira de futebol, Chaves *et al.* (2016) utilizaram o método MACBETH para ranquear os diversos jogadores de acordo com suas habilidades através de dados estatísticos, levando em consideração desde aspectos físico do jogador até o seu desempenho em jogos. Ao final, o modelo de avaliação encontrado pode ser utilizado para apoiar à tomada de decisão pelo gestor, já que pode ser visualizado o julgamento e os pesos de cada critério, sendo possível à comparação pareada de opções (jogadores).

Desta forma, observa-se a utilização do método MACBETH em diferentes áreas, demonstrando-se com potencial para utilização neste estudo, apesar de não serem encontradas pesquisas na área de gestão ambiental rodoviária. Além do mais, a versatilidade do método e sua característica principal na formulação de modelos de avaliação levando em consideração a opinião dos participantes no processo decisório reforçam ainda mais sua aplicação nesta pesquisa.

Salienta-se que não serão abordadas as componentes de estruturação do modelo de apoio à decisão e tampouco a programação linear adotada no software, isto pode ser encontrado em detalhes nos trabalhos de Bana e Costa *et al.* (2002), Bana e Costa, Vansnick e De Courte (2005), Bana e Costa *et al.* (2012) e Bana e Costa *et al.* (2013).

A seguir serão abordadas as três fases do método MACBETH: estruturação do problema, avaliação e elaboração de recomendações.

4.2.2.1 Fase de estruturação

Nesta fase é realizado o levantamento de Elementos Primários de Avaliação (EPA), determinação da família de Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), mediante mapas cognitivos e operacionalização dos PVFs por meio da construção de descritores com os seus respectivos níveis de desempenho.

Os EPA, assim como as suas inter-relações, auxiliam a estruturar um problema complexo que se apresenta aos decisores de forma caótica e desorganizada. Com a estruturação dos EPA em mapas cognitivos é analisada as relações de influência entre os conceitos criados. Depois de identificados os pontos que apresentam mais relações, define-se os PVFs e Pontos de Vistas Elementares (PVEs).

O PVF reflete a interpretação do processo decisório através da ótica dos atores, os quais irão pontuar os itens essenciais para a construção do modelo de avaliação das ações. Logo, esta informação reúne os EPA que interferem de forma intrínseca na formação das preferências deste ator (BANA e COSTA; ÂNGULO-MEZA; OLIVEIRA, 2013). Ademais, é necessário que o PVF atenda as seguintes propriedades: inteligibilidade; operacionalidade; consensualidade e isolabilidade (KEENEY; RAIFFA, 1975). No entanto, alguns pontos de vista podem ser mais fundamentais do que outros e alguns decisores podem ver certos pontos de vista como mais importantes do que outros. É importante realizar a distinção entre PVE e PVF.

O PVE é entendido como um meio para atingir um dado fim, que por algum motivo não foi considerado fundamental, mas possui ligação em algum outro ponto de vista. Frequentemente o conjunto de PVEs caracteriza um PVF (ENSSLIN; ENSSLIN; ZANELLA, 1997).

Após a construção de uma árvore de pontos de vista é necessário operacionalizá-los para permitir a avaliação do impacto de cada ação potencial nestes PVFs. Isto é feito através da elaboração dos indicadores para cada um dos critérios de avaliação de cada PVF. Desta forma, o indicador caracteriza-se como um conjunto de níveis de desempenho empregados para descrever possíveis consequências das ações potenciais, de acordo com determinado ponto de vista. Logo, o indicador mensura o grau em que um determinado objetivo do decisor é alcançado (ALEXANDRINI *et al.*, 2009).

Em geral é recomendada a identificação de dois níveis de referência em cada indicador, de valor individual no critério, que operacionaliza a ideia de um nível “bom” e um nível “neutro”, independentemente do tipo de critério de desempenho. Isto ocorre porque os esforços necessários para identificar um nível “bom” (satisfatório) e “neutro” (limite aceitável mínimo) contribui para aumentar a clareza dos respectivos critérios (BANA e COSTA; FERREIRA; CORRÊA, 2000).

Desta forma, através da identificação dos níveis de referência é possível realizar a comparação entre os demais níveis com objetivo da ordenação segundo a atratividade, além de permitir avaliar a importância da adoção de determinado nível como referência (VILLELA, 2009).

4.2.2.2 Fase de avaliação

Esta fase consiste em três etapas: a) construção de um modelo de preferências locais, permitindo a avaliação parcial das ações; b) determinação dos pesos que fornecem a noção da importância relativa de cada PVF, viabilizando a agregação das avaliações locais numa avaliação global; c) determinação dos impactos de cada ação segundo cada PVF (MADEIRA JUNIOR *et al.*, 2010).

O primeiro passo do processo de avaliação é a identificação de escalas de valor cardinais sobre cada um dos critérios construídos na etapa anterior, com o objetivo de conseguir informações válidas e preparar os decisores para se familiarizar e compreender a noção de diferença de atratividade. A tradução das informações ordinais para cardinais ocorre através do julgamento pareado das opções por meio do questionamento MACBETH. Desta forma, para o julgamento de atratividade entre os níveis de desempenho de cada critério é feito o seguinte questionamento para os decisores: “Dado que o nível A é mais atrativo que o nível B, que diferença de atratividade você sente entre o nível A e B: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema? Em outras palavras, qual o impacto de passar o nível B para o nível A?” (BANA e COSTA; VANSNICK; DE COURTE, 2003).

A sequência das questões pode ser em qualquer ordem e também interrompida. Não há uma sequência fixa a ser seguida no procedimento de julgamento e também não é necessário completar a matriz para que uma escala MACBETH seja criada, contudo, quanto mais informações de preferência fornecidas, maior será o nível de precisão da escala (VILLELA, 2009).

Confirmado que os PVFs são independentes, adota-se, em geral, a agregação aditiva dos vários PVFs, convertendo unidades de atratividade local em unidades de atratividade global. Deste modo, a avaliação global de cada alternativa ocorre através do cálculo da agregação aditiva simples dos valores parciais obtidos para cada PVF (RANGEL; GOMES, 2010; MADEIRA JUNIOR *et al.*, 2010).

A terceira fase é a validação do modelo obtido que irá permitir conhecer quais são os fatores que deverão ser aperfeiçoados, aumentando assim a confiabilidade dos resultados. Durante esta fase empregam-se análises de sensibilidade do modelo construído, as quais possibilitaram compreender o problema em profundidade, fazendo os ajustes necessários para que este modelo represente as convicções dos atores envolvidos no processo decisório (VILLELA, 2009).

Desta forma, os idealizadores desenvolveram o software M-MACBETH homônimo do método, onde o mesmo utiliza modelos de programação linear para realizar a transformação da informação ordinal para cardinal através do questionamento, não numérico, de comparação pareada das opções em termos qualitativos (BANA e COSTA *et al.*, 2013). Ao final é sintetizado os vários critérios julgados em apenas um (índice global), por meio de somas ponderadas e a verificação da consistência ocorre automaticamente conforme os julgamentos são inseridos no software (BANA e COSTA; SILVA; CORREIA, 2014).

4.2.2.3 Fase de elaboração de recomendações

Nesta fase é realizada a análise de sensibilidade com objetivo de validação do modelo, permitindo conhecer os pontos a serem melhorados no processo decisório, aumentando a confiabilidade dos resultados finais. Por serem necessárias nas recomendações, várias análises de sensibilidade sobre o modelo construído possibilitarão a compreensão do problema, os ajustes do modelo e fornecer subsídios para estabelecer prioridades ou quais opções a serem selecionadas (VILLELA, 2009).

No software M-MACBETH são realizadas duas análises de sensibilidade diferentes, a primeira é a análise segundo a variação de pontuações parciais e a segunda é realizada com a variação dos pesos. Para o primeiro caso é possível analisar a ordenação final das opções frente a variações de pontuações parciais em múltiplos cenários. Já no segundo é avaliada a consequência na ordenação global das alternativas ao variar apenas o peso de um determinado critério, mantendo a proporção entre os pesos dos demais (VILLELA, 2009).

Logo, a análise de sensibilidade no peso de um dado critério possibilita visualizar e compreender qual o impacto de uma modificação de qualquer um dos pesos causaria nos resultados globais do modelo.

Entretanto, o software tem uma limitação para a análise de sensibilidade, onde todos os critérios a serem analisados devem pertencer ao mesmo PVF, não sendo possível à análise simultânea para problemas que possuem diversas áreas de abordagens com diferentes áreas de interesse.

Para contornar esta limitação uma alternativa é a adoção da análise de sensibilidade por meio do modelo multicritério de agregação aditiva “Parâmetros Interdependentes Variáveis” (do inglês *Variable Interdependent Parameters* - VIP

Analysis). O software proposto por Dias e Clímaco (2000) é baseado na abordagem do critério único de síntese.

Neste método, não é preciso que os decisores forneçam um valor exato para cada critério, sendo suficiente apenas o conhecimento da ordem de importância relativa entre os critérios para o problema em questão. Além disso, há a possibilidade dos decisores incorporarem restrições aos valores dos critérios, através da definição de um intervalo de variação para cada um (ALMEIDA FILHO; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2005).

Esta foi a abordagem empregada nesta pesquisa, tendo em vista que a avaliação de alternativas no sistema VIP *Analysis* é estruturada com base no modelo de agregação aditiva.

Além disso, este método também permite a utilização da técnica de compensação (do inglês *trade-off*) entre os critérios, ou seja, um critério com valor baixo pode ser compensado por outros com valores mais altos durante o processo de agregação (CAMPOS; ALMEIDA, 2006).

Desta forma, o VIP *Analysis* determina o intervalo de valor global de cada alternativa e a matriz de comparação extrema, por meio de comparação binária. Nesta matriz são fornecidas algumas informações em relação às alternativas, como a questão de dominância de uma alternativa sobre as demais, ou “quase dominância”. Este último caso se refere ao momento em que é sugerida uma noção mais flexível de dominância, que leva em conta o nível de tolerância para cada um dos parâmetros e também o arrependimento máximo, ou seja, é o cálculo da maior perda de oportunidade na comparação entre a escolha de uma alternativa em detrimento à escolha da melhor alternativa entre as disponíveis (ótima ou “quase ótima” caso o problema permita) (CAMPOS; ALMEIDA, 2006).

Para o auxílio na tomada de decisão, o sistema VIP *Analysis* possibilita quatro tipos de abordagens que se complementam e melhoram a percepção do decisor sobre o problema em questão (DIAS; CLÍMACO, 2000; VENTURA, 2012; BRITO; ALMEIDA FILHO; ALMEIDA, 2005):

- 1) **Otimidade**: visa identificar a alternativa que apresenta o melhor valor na função de agregação aditiva. Se esta alternativa existir, será considerada ótima e apresentada como solução do problema. Caso esta alternativa não exista, é possível determinar quais as alternativas são dominadas retirando-as do processo de análise, diminuindo o número de alternativas a serem analisadas;

- 2) **Comparação par a par:** verifica as relações binárias entre as alternativas, podendo identificar qual a distribuição dos pesos que favorece cada alternativa nesta comparação. Além disso, pode apontar o grau de dominância entre elas, pois uma alternativa domina a outra quando a diferença máxima entre elas for negativa ou zero (nula), e também a “quase dominância” quando esta diferença, apesar de ser maior que zero, não ultrapassar o valor de tolerância;
- 3) **Intervalos de variação:** verifica quais das alternativas são mais afetadas pela variação dos parâmetros, obtendo conclusões robustas ao possibilitar a eliminação de alternativas absolutamente dominadas. A análise de robustez visa encontrar conclusões válidas para qualquer que seja o critério escolhido entre as condições admissíveis. Na fase de análise de robustez o *VIP Analysis* emprega a programação linear para detectar os valores mínimos e máximos de cada alternativa e compará-los às demais;
- 4) **Regras pessimistas de agregação de valor:** similar à abordagem da otimalidade, é realizada a comparação das maiores diferenças possíveis entre os valores de cada alternativa na função aditiva. Caso o arrependimento máximo de uma alternativa for menor ou igual à zero, esta é definida como “ótima”, apresentando o melhor desempenho. Quando o arrependimento máximo for menor ou igual ao valor da tolerância, esta alternativa é definida como “quase ótima”.

Ademais, tendo em vista que o *VIP Analysis* é uma proposta que enfatiza conclusões e não resultados, é possível obter conclusões robustas com as informações extraídas das análises a partir da variação do nível de desempenho das alternativas por meio da alteração dos pesos da função de valor. Desta forma, um conjunto de três tipos de conclusões são sugeridas (DIAS; CLÍMACO, 2000; VENTURA, 2012; CHAVES et al., 2010):

- 1) **Conclusão absoluta:** ocorre quando uma condição é atendida por uma alternativa independente de qualquer alternativa, obtendo um desempenho nunca inferior a um dado limite pré-estabelecido como parâmetro (exemplo: o desempenho de uma determinada alternativa nunca será inferior a um determinado valor);

- 2) **Conclusão (relativa) unária:** relacionada a uma condição de que para ser atendida por uma alternativa específica depende diretamente do desempenho de alternativas (exemplo: a alternativa A é a melhor de todas);
- 3) **Conclusão (relativa) binária:** refere-se à verificação da relação entre duas alternativas (exemplo: o valor de A é maior do que o valor de B).

Salienta-se que não serão abordadas as componentes do modelo de apoio à decisão e tampouco a programação linear adotada no software, isto pode ser encontrado em detalhes nos trabalhos de Dias e Clímaco (2000).

Tendo em vista a versatilidade deste método, sua aplicação ocorre em diferentes estudos. Destacam-se aqui as pesquisas desenvolvidas por Campos e Almeida (2006), Almeida Filho, Cavalcante e Almeida (2005), Brito, Almeida Filho e Almeida (2005), Lacerda *et al.* (2011), Chaves *et al.* (2010) e Gomes Júnior *et al.* (2010).

Com o objetivo de determinar a melhor localização de uma nova cidade para onde seria realocada uma população, em função da criação de uma barragem que inundaria o território anteriormente ocupado, Campos e Almeida (2006) utilizaram o método *VIP Analysis*. De acordo com os autores, este sistema se demonstrou viável na tomada de decisão com informações imprecisas, permitindo evoluir e obter conclusões a respeito das alternativas dispensando a atribuição de pesos aos critérios.

Durante o contexto decisório para determinar qual a melhor ferramenta computacional de apoio à decisão a ser adquirida, Almeida Filho, Cavalcante e Almeida (2005) empregaram o método *VIP Analysis*. Os autores pontuam que este sistema possibilitou analisar algumas alternativas segundo critérios que refletem as preferências dos decisores, resultando na conclusão de qual a melhor alternativa segundo os parâmetros definidos.

O emprego do *VIP Analysis* também ocorreu para a seleção de contratos de manutenção para a terceirização desta atividade durante a pesquisa de Brito, Almeida Filho e Almeida (2005). A ferramenta foi considerada pelos pesquisadores com interface intuitiva, apropriada ao contexto decisório com informações parciais ou imprecisas nos critérios de avaliação, destacando-se pela análise das alternativas segundo a variabilidade do desempenho das mesmas e na determinação da melhor alternativa.

Para verificar a vantagem em disputar competições esportivas em domínios próprios (do inglês *home advantage*), em geral são adotadas ferramentas estatísticas ou Análise Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis* - DEA). Contudo, Larceda *et al.* (2011) empregaram um método derivado do sistema *VIP Analysis* e identificaram que este método trouxe vantagem para a resolução dos modelos necessários para a geração dos resultados estabelecidos, sendo eficaz para encontrar o efeito *home advantage*.

No uso conjugado das metodologias MACBETH e *VIP Analysis* para determinar a escolha de uma profissão, Chaves *et al.* (2010) verificaram que o primeiro método permitiu obter a função de valor necessária para a criação da matriz de decisão necessária no *VIP Analysis*. O emprego dos intervalos de pesos obtido pela análise Inter critérios do MACBETH forneceu subsídio para a delimitação dos intervalos dos pesos no sistema *VIP Analysis*. Quando os autores avaliaram as alternativas no *VIP Analysis* com liberdade total (sem ordenação dos critérios de avaliação e sem restrições nos pesos), o programa elencou as alternativas com maior homogeneidade em relação ao critério em questão. Contudo, na inserção da ordenação dos critérios e intervalos dos pesos a regularidade deixou de ser uma característica dominante.

Ao final, os autores pontuam que esta pesquisa demonstrou a viabilidade do uso conjugado destas duas metodologias, em que o julgamento Inter critério do MACBETH auxiliou o processo do *VIP Analysis* a delimitar uma lista de alternativas mais viáveis no processo de decisão.

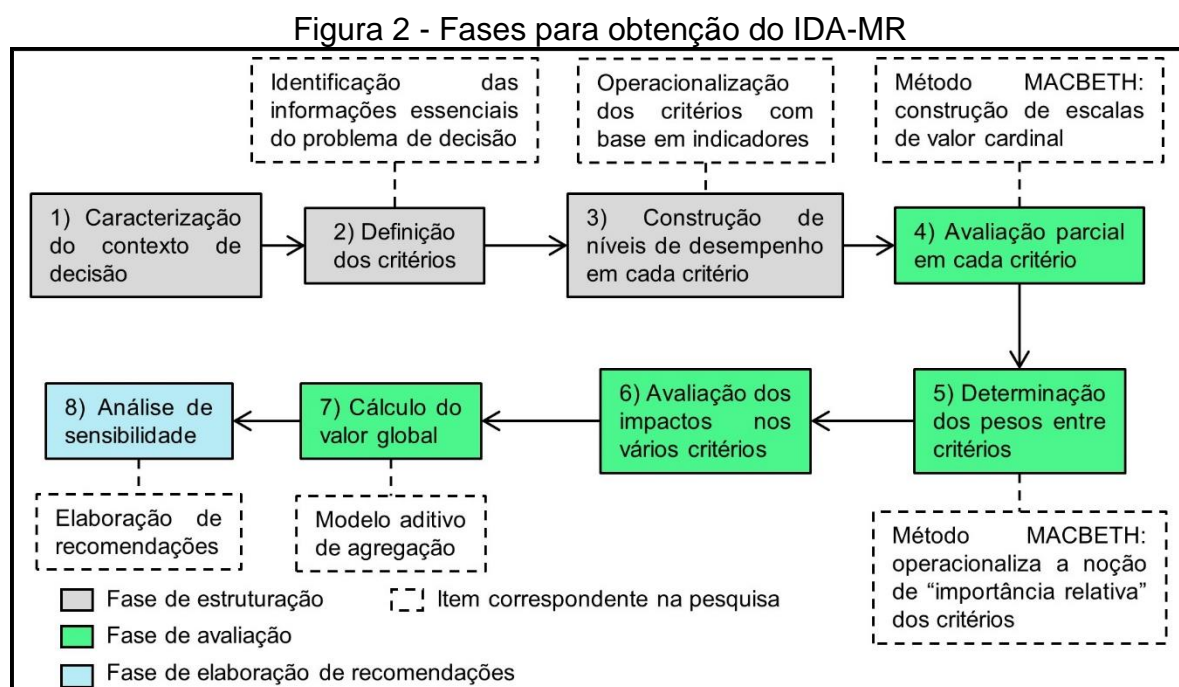
Outro exemplo do uso conjunto do MACBETH e *VIP Analysis* é relatado por Gomes Júnior *et al.* (2010), em que os autores utilizaram o primeiro método para a construção das funções de valor e para geração dos intervalos dos pesos dos critérios. A aplicação do método *VIP Analysis* auxiliou o decisor a quantificar suas preferências e também na análise de sensibilidade. Os autores destacam a viabilidade da utilização conjugada dos dois métodos, permitindo a inclusão de fatores culturais no modelo de avaliação desenvolvido.

Desta forma, o uso integrado do MACBETH com o *VIP Analysis* demonstra-se viável, potencializando a agregação das informações obtidas durante o processo decisório e permitindo maior robustez e confiança na tomada de decisão.

5 MÉTODO

Neste capítulo será apresentado o método de pesquisa, o qual se divide em três fases: estruturação, avaliação e análise de sensibilidade. A primeira fase contém a definição da base de dados, família de pontos de vistas, ajustes e definição dos níveis de referência dos critérios de avaliação e PVFs. A segunda fase aborda a definição das escalas no MACBETH, as etapas do julgamento semântico de atratividade Inter critério, entre critérios e entre PVFs, finalizando com o modelo adotado para agregação dos critérios e PVFs no IDA-MR. Já a terceira fase consiste em validar o modelo do IDA-MR por meio do método *VIP Analysis*.

O método desta pesquisa se baseou na metodologia MACBETH para construção do IDA-MR. Na Figura 2 estão sintetizadas as principais etapas adotadas neste trabalho, destacando-se que os itens 1 e 2 da fase de estruturação foram desenvolvidos em etapa anterior, na pesquisa de Jesus (2015).



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

5.1 FASE DE ESTRUTURAÇÃO

Nesta fase houve o levantamento dos EPA, determinação da família de PVFs e PVEs por meio de mapas de meios e fins, finalizando esta etapa com a

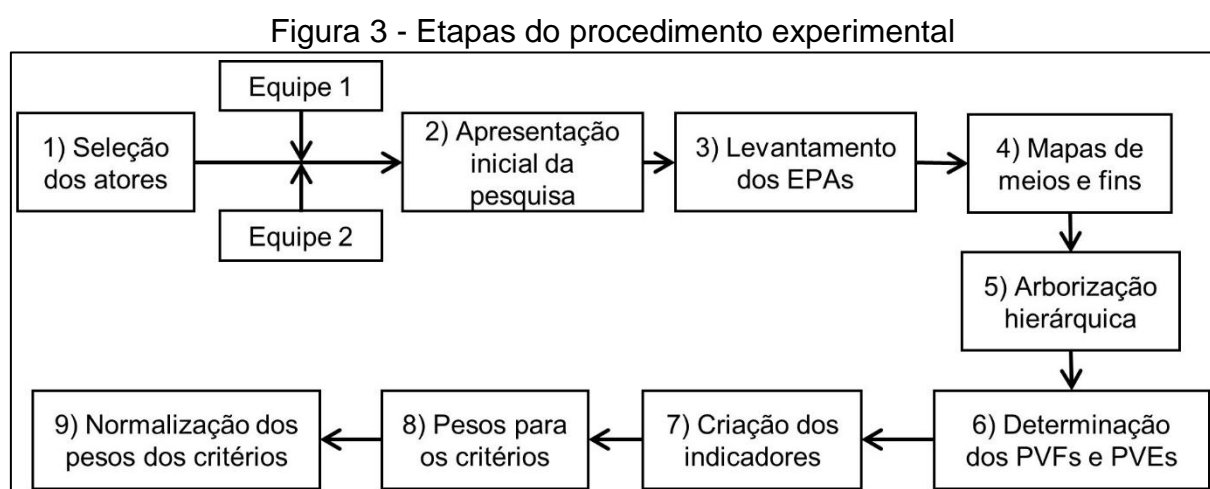
operacionalização dos PVFs de cada área por meio da elaboração dos indicadores e seus respectivos níveis de desempenho.

Ressalta-se que esta pesquisa continuou a investigação iniciada por Jesus (2015) com os ajustes necessários nos dados originais para operacionalizar a sua utilização no método MACBETH. Salienta-se também que houve a simplificação dos decisores e facilitadores, onde o autor e seu orientador assumiram este papel e realizaram todas as etapas referentes a estas funções.

5.1.1 Base de Dados

Este item sintetiza o método empregado por Jesus (2015) para a obtenção dos critérios de avaliação e indicadores, voltados para gestão ambiental rodoviária, com o objetivo de esclarecer a origem dos dados utilizados para a criação do IDA-MR. Contudo, esta descrição se apresenta de forma superficial, para mais detalhes deverá ser consultado o trabalho do referido autor.

A família de pontos de vistas adotada nesta pesquisa é a mesma identificada nos dados originais. O procedimento para obtenção dos dados originais foi aplicado a dois grupos distintos, onde foram realizados *brainstorming* com profissionais de diversas áreas relacionadas com a temática ambiental e com manutenção de rodovias. Na Figura 3 estão representadas as etapas realizadas para a obtenção dos dados.

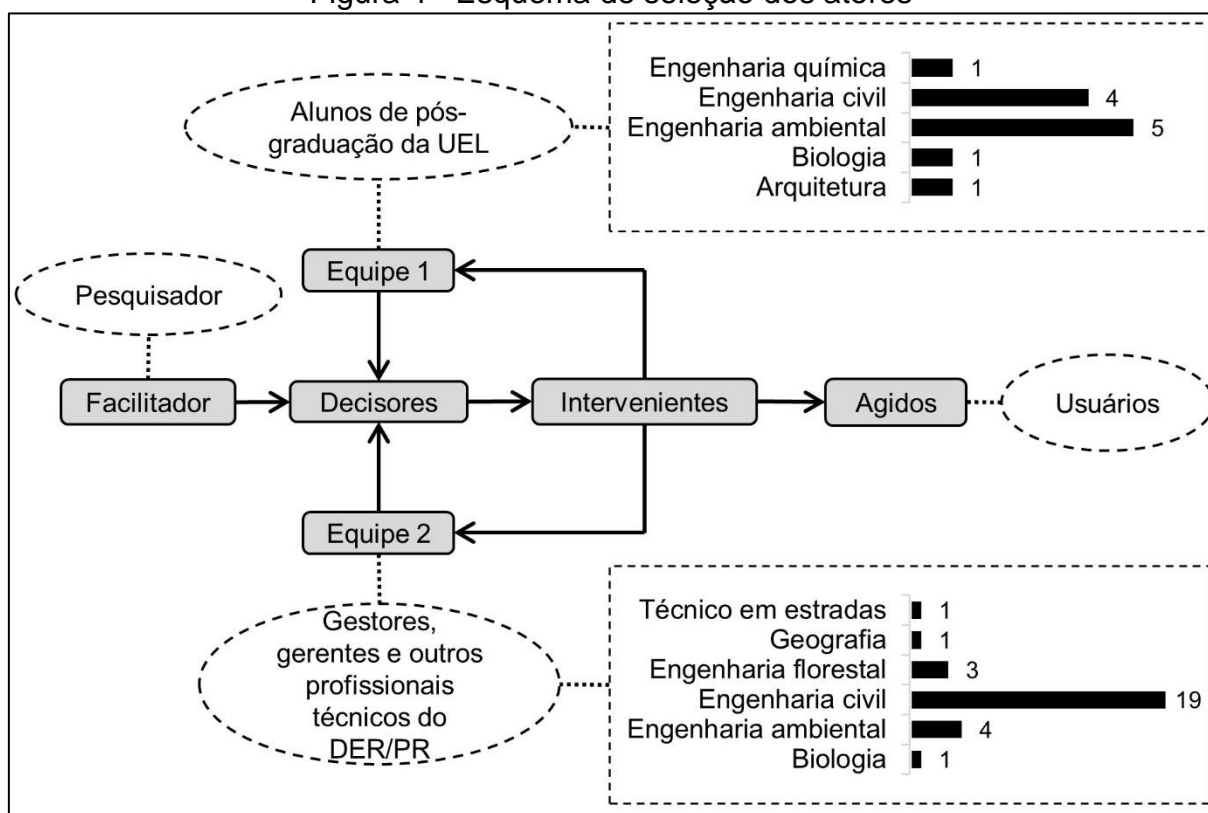


Fonte: Adaptado de Jesus, 2015.

Nas duas equipes o autor assumiu o papel de facilitador; os agidos foram os usuários dos sistemas de rodovias e os decisores e intervenientes da Equipe 1 foram os alunos de pós-graduação da Universidade Estadual de Londrina (UEL); já na Equipe 2 foram os gestores, gerentes e outros profissionais técnicos do Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná (DER/PR).

Na Figura 4 estão apresentados os atores e a formação acadêmica dos participantes.

Figura 4 - Esquema de seleção dos atores



Fonte: Adaptado de Jesus, 2015.

Com a Equipe 2 foram realizados workshops nas cinco cidades sede dos escritórios regionais do DER/PR: Cascavel; Curitiba; Londrina; Maringá e Ponta Grossa.

Com base no procedimento descrito anteriormente, o autor identificou os PVFs e seus respectivos critérios de avaliação e indicadores. Destaca-se que a arborização hierárquica obtida com as Equipes 1 e 2 pode ser visualizada nos anexos A, B, C, D, E e F.

5.1.2 Operacionalização: Ajustes dos Critérios de Avaliação

Esta etapa foi realizada com base na revisão e análise simultânea dos “critérios originais” gerados na pesquisa de Jesus (2015). A partir da análise da base de dados utilizada para criação dos critérios, realizou-se o ajuste dos mesmos e atribuição de sua unidade de mensuração, bem como a definição dos níveis de desempenho. Logo, o embasamento para adoção de determinado indicador pautou-se nas informações sobre sua apresentação e descrição original contidas em tais bases.

Para a realização dos ajustes dos critérios originais eles foram dispostos em planilhas Excel separados por PVF e seu respectivo PVE, caso existisse. Desta forma, o procedimento de ajuste ocorreu a partir de um trabalho interativo de discussão entre os decisores (autores) sobre os dados originais, onde a decisão de ajuste baseou-se tanto na revisão bibliográfica quanto no conhecimento técnico dos decisores.

Com o objetivo de verificar se havia algum sobreposição entre os critérios, ou seja, detectar aqueles com definições e propósitos similares que foram reunidos em diferentes PVFs e PVEs, realizou-se a comparação final entre os mesmos. Desta maneira, procedeu-se com a impressão individual dos pontos de vistas de cada área de interesse e os comparou entre si. No momento em que alguma semelhança fosse observada os critérios eram destacados. A partir disso procedeu-se uma avaliação específica para averiguar a necessidade de readequações (mesclagem, reagrupamento ou exclusão).

A conclusão do ajuste dos critérios de avaliação deu-se por meio da depuração da descrição de cada um, com base na revisão bibliográfica de manuais e relatórios técnicos, normas, procedimentos e artigos relacionados à gestão ambiental rodoviária.

Salienta-se que a pesquisa desenvolvida por Jesus (2015) não abordou as próximas etapas a serem apresentadas.

5.1.3 Níveis de Referência

Nesta etapa foi realizada a criação dos níveis de desempenho de cada critério de avaliação baseado em pesquisa bibliográfica e no conhecimento técnico dos decisores, onde estas bases serviram como balizadores no momento da definição dos níveis de referência que caracterizam o limite aceitável mínimo (neutro) e o satisfatório (bom).

Para a criação dos níveis de desempenho os decisores utilizaram como base os níveis de referência para se questionarem a respeito da possibilidade de adotar um nível: melhor do que o nível bom; mais atrativo que o nível neutro e menos atrativo que nível bom; menos atrativo que o nível neutro. Portanto, os níveis de desempenho criados auxiliaram na obtenção de escalas de valores cardinais na fase de avaliação.

Contudo, para a avaliação dos PVFs não é possível à determinação direta dos níveis de desempenho, pois eles são compostos de diversos critérios de avaliação e podem ter resultados acima de 100 ou abaixo de 0. Logo, para este caso, de maneira a simplificar a obtenção de cada nível de desempenho, é preciso encontrar uma escala comum a todos os PVFs para agregá-los de maneira simples ao IDA-MR. O mesmo se aplica para a agregação dos PVEs ao seu correspondente PVF.

Além disso, quando no julgamento semântico da matriz do IDA-MR o software M-MACBETH não permite que isto seja feito de forma simultânea, sendo necessário desmembrar e julgar cada PVF e seus critérios de maneira isolada. Isto também ocorre na integração dos PVEs ao seu respectivo PVF.

Para contornar esta limitação, optou-se por definir os níveis de desempenho dos PVFs/PVEs segundo a porcentagem correspondente a amplitude da escala total, obtida pela agregação aditiva do produto do peso de cada critério e o seu correspondente nível de desempenho que compõem este PVF/PVE. Desta forma, é preciso determinar o limite mínimo e máximo da escala do PVF/PVE, pois a escala global de cada critério varia entre valores negativos e acima de 100 pontos. Isto é possível através do produto do nível máximo de cada critério entre o peso do respectivo critério, o mesmo é feito com o nível mínimo. Logo, será conhecida a amplitude da escala daquele PVF/PVE e pela normalização desta escala para a escala de 0 a 100%, que representa o quanto, em porcentagem, que foi atendido neste PVF/PVE.

Por exemplo, considerando o PVF-X, ele é composto por 2 critérios de avaliação, cujo níveis de desempenho vão de valores abaixo de 0 e acima de 100, para que ele seja agregado com os outros PVFs no IDA-MR é preciso concatenar as diferentes escalas dos PVFs em uma única, isto é feito através da normalização destas escalas. No Quadro 1 são apresentados o melhor nível e o pior nível dos critérios do PVF-X, a agregação aditiva destes critérios e amplitude da escala do PVF-X.

Quadro 1 - Amplitude da escala do PVF-X

Critério	Peso (%)	Melhor nível	Pior nível	Agregação aditiva	Melhor nível	143,6
X1	36	150	-25		Pior nível	-34,6
X2	64	140	-40		Amplitude da escala	178,2

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, no IDA-MR será representada a porcentagem em relação à pontuação máxima obtida pela agregação aditiva destes critérios. Logo, 143,6 pontos correspondem a 100% e -34,6 pontos corresponde a 0%. No Quadro 2 é apresentada a normalização da pontuação dos critérios do PVF-X nos seus respectivos níveis de desempenho. Ressalta-se que os níveis de referência neutro (25%) e bom (75%) seguem com a pontuação fixa em 0 e 100, respectivamente.

Quadro 2 - Normalização da pontuação do PVF-X

Níveis de desempenho do PVF	1	2	3	4	5
	100%	75%	50%	25%	0%
Pontuação no PVF	143,6	100	54,5	0	-34,6

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, se durante a agregação dos critérios no PVF-X o resultado da agregação aditiva der um valor entre 100 e 143,6 pontos o seu correspondente nível de desempenho será obtido por interpolação linear entre os dois níveis de desempenho (100% e 75%), por exemplo.

5.2 FASE DE AVALIAÇÃO

Nesta fase são abordados os processos realizados para a determinação das escalas de valor cardinais, a transição da informação ordinal para cardinal, a forma e perguntas utilizadas no julgamento semântico e a escala MACBETH obtida, bem como o processo para obter a informação entre critérios e entre PVFs e sua correspondente escala de atratividade global, finalizando com o modelo de agregação empregado no IDA-MR.

5.2.1 Obtenção de Informação Ordinal Intra-critério

Nesta etapa é realizada a hierarquização dos níveis de desempenho dos descritores segundo a atratividade decrescente. Desta forma, com o intuito de obter as informações ordinais, foi solicitado que os decisores classificassem os níveis de desempenho de determinado critério por ordem decrescente de atratividade. Vale salientar que a definição anteriormente dos níveis de referência auxiliou os decisores na hora da hierarquização, onde o questionamento baseou-se em verificar qual nível de desempenho é mais atrativo do que o outro. Este procedimento foi feito em planilhas Excel.

Em etapa posterior estes níveis foram inseridos no software M-MACBETH segundo a ordem determinada anteriormente. O programa relaciona cada nível de determinado critério através de matrizes, onde será feita a comparação pareada. Com isto o programa verifica a compatibilidade das informações obtidas na matriz de julgamento com as informações ordinais.

Na Figura 5 é apresentado um exemplo de matriz de julgamento de um dado critério, os níveis de desempenho já estão ordenados segundo a atratividade decrescente, em linha da esquerda para a direita, onde a célula na cor verde indica o nível de referência “bom” e a de cor azul o nível de referência “neutro”. Além disso, esta ordenação já foi validada pelo decisores e testada pelo programa (julgamentos consistentes), resultando no preenchimento das células acima da diagonal superior com a palavra “positiva”, restando apenas o julgamento de atratividade entre cada nível de desempenho (célula positiva) segundo as 7 categorias semânticas.

Figura 5 - Exemplo de matriz de julgamento dos níveis de impacto de um dado critério

	90	60	30	15	5	
90	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	extrema
60		nula	positiva	positiva	positiva	mt. forte
30			nula	positiva	positiva	forte
15				nula	positiva	moderada
5					nula	fraca
						mt. fraca
						nula

Julgamentos consistentes

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

5.2.2 Transição de Informação Ordinal para Cardinal

Este tópico tem como objetivo apresentar de maneira simplificada a tradução da informação ordinal para cardinal. Portanto, a tradução das informações ordinais para cardinais ocorre através do julgamento semântico pareado das opções por meio do questionamento MACBETH.

Desta forma, para o julgamento de atratividade entre os níveis de desempenho de cada critério foi feito o seguinte questionamento para os decisores: “Dado que o nível A é mais atrativo que o nível B, que diferença de atratividade você sente entre o nível A e B: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema? Em outras palavras, qual o impacto de passar o nível B para o nível A? ”.

Portanto, como os níveis de desempenho de cada critério já estavam ordenados segundo a atratividade decrescente, foi necessário apenas o julgamento dos pares acima da diagonal principal. Nesta pesquisa foi feito o julgamento de atratividade de todos os pares da matriz através da seguinte sequência:

- 1) Nível bom versus nível neutro;
- 2) Comparação entre todos os níveis (em ordem decrescente de atratividade) versus o nível menos atrativo (última coluna);
- 3) Comparação do nível mais atrativo versus os níveis menos atrativos (em ordem crescente de atratividade – primeira linha);
- 4) Comparação dos níveis acima da diagonal principal;
- 5) Julgamento dos pares restantes.

Na Figura 6 é ilustrada a sequência de julgamentos citada anteriormente para um dado critério, em que as células em amarelo correspondem ao julgamento realizado naquela sequência.

Figura 6 - Exemplo da sequência de julgamento dos níveis de desempenho de um dado critério

(1) X1						(2) X1					
-	90	60	30	15	5	-	90	60	30	15	5
90	-		fort-mfort			90	-		fort-mfort		mfort-extr
60		-				60		-			mfort-extr
30			-			30			-		mt. forte
15				-		15				-	mod-fort
5					-	5					-

(3) X1						(4) X1					
-	90	60	30	15	5	-	90	60	30	15	5
90	-	mod-fort	fort-mfort	fort-mfort	mfort-extr	90	-	mod-fort	fort-mfort	fort-mfort	mfort-extr
60		-			mfort-extr	60		-	mod-fort		mfort-extr
30			-		mt. forte	30			-	mod-fort	mt. forte
15				-	mod-fort	15				-	mod-fort
5					-	5					-

(5) X1					
-	90	60	30	15	5
90	-	mod-fort	fort-mfort	fort-mfort	mfort-extr
60		-	mod-fort	fort-mfort	mfort-extr
30			-	mod-fort	mt. forte
15				-	mod-fort
5					-

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Destaca-se que para cada resposta dos decisores o software realizou o teste de compatibilidade da informação obtida com a informação cardinal. Quando foi detectada alguma incompatibilidade, uma mensagem de aviso foi exibida (julgamentos inconsistentes) e iniciou-se uma discussão para realizar o ajuste do julgamento. Nesses casos o software apresentava a origem do problema e até mesmo oferecia todas as sugestões de modificações do julgamento possíveis que tornaria a informação de comparação compatível com informações ordinais. Para a realização desta etapa foram necessárias 11 horas divididas em 6 dias para o julgamento de atratividade de todos os elementos que compõem o IDA-MR.

5.2.3 Escala Precardinal MACBETH

A informação de preferência MACBETH é dita como “precardinal” quando há compatibilidade com as informações cardinais, ou seja, quando a informação já é transferida como cardinal, sem necessidade de modificação, apenas é necessário o seu refinamento.

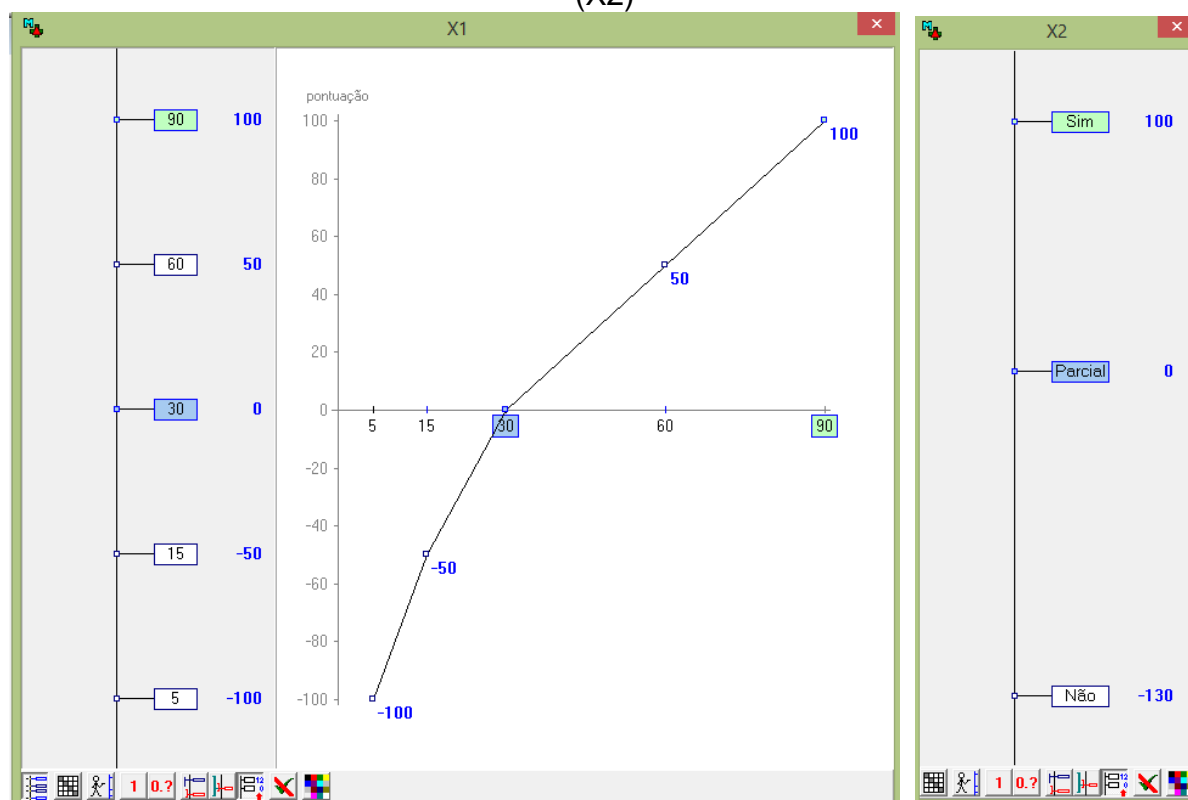
Para o caso de critérios com níveis de desempenho quantitativo a escala é apresentada em forma de gráfico cartesiano, correlacionado cada nível com o seu respectivo valor na escala, gerando uma função de valor seccionalmente linear, onde

os níveis de referência bom e neutro possuem pontuações de 100 e 0, respectivamente.

Nos casos em que os critérios possuem níveis de desempenho qualitativos o software apresenta um gráfico na forma de termômetro, onde cada nível é demarcado segundo a pontuação na escala, aqui os níveis de referência bom e neutro também possuem pontuação de 100 e 0, respectivamente.

Na Figura 7 estão expostos os gráficos para um dado critério quantitativo, apresentado em gráfico do tipo cartesiano (X1), e outro qualitativo, apresentado em gráfico do tipo termômetro (X2). Salienta-se que no critério quantitativo é possível obter resultados intermediários, para isto é preciso correlacionar o desempenho de determinado critério na sua correspondente escala de nível de desempenho. Já no critério qualitativo os únicos resultados possíveis são aqueles determinados nos níveis de desempenho, não sendo possível resultados intermediários entre cada nível.

Figura 7 - Exemplo de gráfico de escala MACBETH: quantitativo (X1) e qualitativo (X2)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Conforme o julgamento da matriz de atratividade de determinado critério era obtido à escala precardinal MACBETH foi apresentada graficamente aos decisores e

iniciou-se uma discussão sobre esta escala. Se fosse preciso alterar alguma pontuação na avaliação dos decisores, o nível era selecionado e o software informava o intervalo em torno deste elemento dentro do qual a sua posição podia ser alterada, obtendo assim uma nova pontuação compatível com a matriz julgamento de atratividade. Ao final obteve-se a escala cardinal definitiva para cada critério analisado.

5.2.4 Informação de Preferência Entre Critérios e Entre PVFs

Depois de realizados os julgamentos absolutos de valor segundo cada um dos critérios, é iniciada a etapa para obter as informações relacionadas entre critérios (pesos), para atingir uma avaliação global.

Tendo em vista que o IDA-MR possui PVFs e PVEs, realizou-se o julgamento de atratividade individualmente para cada PVF e PVE, pois o software realiza a análise de apenas um conjunto de critérios por vez, não sendo possível o julgamento de critérios em PVFs e PVEs paralelos. Inicialmente foram julgados os critérios dos PVEs, em seguida os dos PVFs e por último o julgamento entre os PVFs. Todos foram feitos de forma isolada.

A determinação destes pesos foi obtida com base na importância relativa dos critérios. Estes pesos são necessários para possibilitar a construção da regra de agregação aditiva.

O procedimento para determinação dos pesos foi dividido em duas etapas principais: ordenação prévia dos critérios e a geração de uma escala. A escala de cada PVF e PVE foi normalizada, conforme descrito no item 5.1.3.

Inicialmente foram elaboradas matrizes contendo apenas os critérios de determinado PVF, realizando um questionamento binário que consistiu em solicitar aos decisores a preferência entre os critérios: “Considere-se uma alternativa fictícia com um nível neutro em todos os critérios. Sendo possível melhorar o impacto de neutro para bom num só critério, mantendo todos os demais no nível neutro, seria mais atrativo passar para o nível bom o critério A ou o critério B? ”.

Para a resposta afirmativa foi atribuído o valor de 1, para resposta negativa foi atribuído o valor de 0. Ao final, a soma das linhas da matriz determinou a ordem decrescente de atratividade global dos critérios. O mesmo julgamento foi feito entre

os PVFs, com objetivo de determinar a hierarquização entre eles. No Quadro 3 é apresentado um exemplo de hierarquização dos critérios de um dado PVF.

Quadro 3 - Exemplo de matriz de hierarquização de um dado PVF

PVF-X						
-	X1	X2	X3	X4	TOTAL	ORDEM
X1	-	1	1	1	3	1
X2	0	-	1	1	2	2
X3	0	0	-	0	0	4
X4	0	0	1	-	1	3

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Com base no resultado anterior é possível obter a seguinte ordem de atratividade decrescente: X1, X2, X4 e X3.

Assim, concluiu-se a primeira etapa do processo de determinação dos pesos, sendo esta ordenação utilizada para configurar a matriz de julgamento de atratividade.

A segunda etapa se iniciou com a construção de uma matriz de julgamento de atratividade, semelhante àquelas construídas para determinação das escalas de valor cardinal locais para os critérios. Isto é, foi montada uma matriz onde o critério considerado mais atrativo na etapa anterior ficou localizado em linha mais acima que os demais, e em coluna, mais à esquerda. Isto foi feito para se usar apenas uma matriz triangular superior para os julgamentos de atratividade. Outra vantagem na utilização de uma matriz de julgamento ordenada foi à facilidade para realizar o teste de inconsistência semântica, ou seja, os julgamentos de diferença de atratividade não decresceram em linha da esquerda para a direita, e em coluna não podem aumentaram de cima para baixo.

A pergunta utilizada para determinação da matriz de atratividade foi: “Uma vez que passar do nível neutro para o nível bom no Critério-X1 foi considerado mais atrativo do que no Critério-X2, mantendo todos os demais constante, esta diferença de atratividade é fraca, forte, ...?”. As categorias semânticas utilizadas para responder esta questão são as mesmas: muito fraca; fraca; moderada; forte; muito forte; extrema.

O mesmo procedimento descrito anteriormente foi utilizado para obtenção dos pesos entre os PVFs.

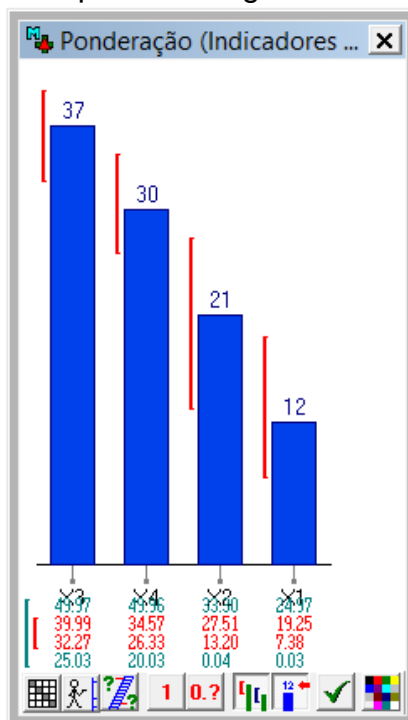
5.2.5 Escala de Atratividade Global

Com base no conjunto de julgamentos, e após a verificação pelo programa de eventuais inconsistências semânticas e cardinais, foi determinada uma escala de valor cardinal representando os julgamentos de valor dos decisores. A escala encontrada foi normalizada, obtendo-se os valores dos pesos entre os critérios, possibilitando o uso de um modelo de agregação aditivo. A normalização foi obtida conforme a Equação 1, ou seja, por meio da divisão do valor obtido para cada critério pelo somatório dos valores que formam a escala MACBETH:

$$p_j = \frac{v(\text{critério}_j)}{\sum_{j=1}^n v(\text{critérios}_j)} \text{ (Equação 1)}$$

Os pesos gerados foram confirmados e analisados pelos decisores de acordo com o intervalo de variação disponibilizado pelo programa com base no peso relativo do critério para que não houvesse alteração da matriz de julgamento de atratividade (valores em vermelho). Na Figura 8 é apresentado um exemplo de histograma de um dado PVF.

Figura 8 - Exemplo de histograma de um dado PVF



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

5.2.6 Modelo Aditivo de Agregação

O modelo empregado nesta pesquisa para o índice denominado IDA-MR é de valor aditivo de agregação, tendo em vista sua simplicidade e facilidade para agrupar os critérios, PVEs e PVFs. Este tipo de agregação visa à transformação de um modelo com múltiplos critérios num modelo de critério único. Tal modelo é apresentado nas Equações 2 e 3.

$$IDA - MR_{G(a)} = p_1 \cdot v_1(a) + p_2 \cdot v_2(a) + \dots + p_n \cdot v_n(a) \text{ (Equação 2)}$$

ou

$$IDA - MR_{G(a)} = \sum_i^n p_i \cdot v_i(a) \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

- IDA-MR_{G(a)}: Índice de Desempenho Ambiental da Manutenção Rodoviária Global da Obra “a”;
- p_i: Peso correspondente ao critério i (PVFi), i=1, 2,..., n;
- v_i: Valor Parcial de uma obra “a” no critério i, i=1, 2,..., n.

5.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para garantir a validade das recomendações feitas pelos decisores é necessário realizar uma análise de sensibilidade, pois o modelo baseia-se essencialmente em julgamentos subjetivos dos atores intervenientes no processo.

Na análise de sensibilidade foram utilizados os pesos individuais e médios atribuídos para cada PVF pelos decisores da Equipe 2 na pesquisa de Jesus (2015), contando com a contribuição, a princípio, de 9 indivíduos, e os pesos atuais determinados durante a fase de avaliação no MACBETH. Contudo, durante uma análise prévia com os 9 indivíduos percebeu-se a variação entre as notas de 2 avaliadores, logo em etapa posterior foram utilizadas as pontuações de apenas 7 indivíduos e a média referentes a estes.

Para verificar se os pesos gerados pelo M-MACBETH, segundo o julgamento dos atuais decisores da pesquisa, estão de acordo com os pesos estabelecidos pelos decisores da Equipe 2 da pesquisa de Jesus (2015), foram realizadas análises com o emprego do método *VIP Analysis*. Desta forma, no software a resposta de cada

decisor da Equipe 2 correspondeu a uma alternativa e os PVFs aos critérios. Esta análise se restringiu apenas aos PVFs, pois estes permaneceram os mesmos desde a pesquisa de Jesus (2015), o que não ocorreu com os critérios de avaliação, visto que alguns foram modificados, remanejados ou excluídos nesta pesquisa.

Para a realização da análise de sensibilidade foram estabelecidos 4 cenários a serem simulados no *VIP Analysis*:

- Cenário 1: ordenação livre;
- Cenário 2: ordenação Jesus (2015);
- Cenário 3: ordenação da média modificada;
- Cenário 4: ordenação atual;

No cenário 1 não foi definida a ordem de importância dos critérios (PVFs) e nem restrições nos pesos, ou seja, eles poderiam variar de 0 até 1. Desta forma, o sistema *VIP Analysis* tem liberdade total para determinar a alternativa com melhor desempenho em relação ao maior valor mínimo e ao menor arrependimento máximo. Já no cenário 2 foi definida a ordem de importância dos critérios segundo a média adotada por Jesus (2015), mas sem restrições nos pesos. Neste caso, o sistema *VIP Analysis* calculou o valor mínimo e o arrependimento máximo com esta restrição de ordem dos pesos, ou seja, uma ordem decrescente dos grupos priorizados pelos avaliadores. O mesmo foi feito no cenário 3 e 4, mas a ordem de importância para o cenário 3 é a determinada com base na nova média calculada com 7 decisores do trabalho de Jesus (2015), enquanto que para o cenário 4 a ordem de importância é a determinada na pesquisa. Para os quatro cenários a soma dos pesos é igual a 1.

Com base nestas informações o sistema calcula o desempenho de cada alternativa. Quando há a definição da ordem de importância dos critérios são desenvolvidos algoritmos complexos para satisfazer a restrição da ordem estabelecida, com isto não há um valor exato para o peso de determinado critério, mas sim um intervalo de peso (“peso intervalar”) que satisfaz as restrições. Logo, o sistema aplica este intervalo de variação dos pesos em cada critério multiplicando-os pelos respectivos desempenhos de cada alternativa, gerando o resultado de cada alternativa em determinado critério.

Ao final, são apresentados ao decisor os dados de valor mínimo e máximo em relação a cada alternativa. O primeiro deles refere-se ao resultado da multiplicação quando o sistema utiliza pesos menos favoráveis para aquela alternativa, já o valor

máximo é o resultado da multiplicação quando o sistema utiliza os pesos mais favoráveis. Logo, é possível concluir que a melhor alternativa é aquela que apresenta o maior valor mínimo, ou seja, o seu desempenho na pior situação é melhor do que as demais. Além disso, uma alternativa será mais robusta e com melhor desempenho quanto menor for à amplitude da variação entre o valor mínimo e máximo.

Outra análise também realizada foi à comparação par a par entre as alternativas. Neste processo foi calculado o arrependimento máximo, que representa a diferença (na situação menos favorável) entre o desempenho de determinada alternativa e o desempenho das demais. Quanto menor o arrependimento máximo, melhor o desempenho da alternativa, pois isto indica que ela superou as demais. Desta forma, um arrependimento máximo igual à zero ou negativo significa que determinada alternativa (A) superou aquela à qual foi comparada (alternativa B). Ou seja, indica que a alternativa B é dominada pela alternativa A, sendo a alternativa A classificada como ótima, por exemplo. Além disso, são fornecidos os pesos que geram este arrependimento máximo.

A última análise é a continuação da segunda, mas adotando uma tolerância maior para o arrependimento máximo até obter uma situação de dominância, resultando na alternativa “quase-ótima”.

Logo, nesta pesquisa foram realizadas três análises em cada cenário: 1ª) valor mínimo e máximo; 2ª) arrependimento máximo sem tolerância; 3ª) arrependimento máximo com tolerância de 5 e 10%.

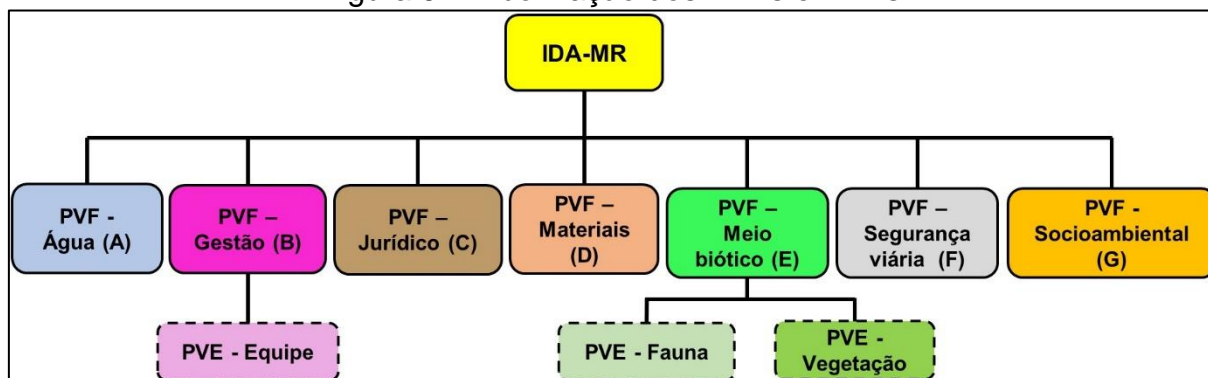
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este item aborda os critérios e indicadores ajustados, a unidade de mensuração, os níveis de desempenho, a ordenação segundo a atratividade, a função de valor para cada critério, seus pesos e também o equacionamento do desempenho de cada PVF e do IDA-MR.

6.1 FASE DE ESTRUTURAÇÃO

Durante a fase de estruturação foram identificados os aspectos importantes relacionados à gestão ambiental rodoviária sob a ótica dos participantes da pesquisa de Jesus (2015), traduzidos nos pontos de vistas apresentados na Figura 9.

Figura 9 - Arborização dos PVFs e PVEs



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

De modo geral, os pontos de vistas têm como objetivos principais:

- PVF-A (Água): verificar a existência de programas de monitoramento, manutenção e controle do sistema de drenagem até a presença de pontos de assoreamento e erosão;
- PVF-B (Gestão): monitorar e mensurar atividades que tenham efeito sobre a gestão através de indicadores relacionados a planos de gerenciamento, contingência ambiental, destinação de resíduos, compatibilização de projetos entre outros;
 - PVE – Equipe: definir a qualidade da equipe técnica, avaliando desde questões de pesquisa, treinamento e até sobre a multidisciplinaridade da equipe.

- PVF-C (Jurídico): aborda aspectos jurídicos, legislações ambientais específicas, burocracia e reintegração da faixa de domínio;
- PVF-D (Materiais): monitoramento dos materiais utilizados e gerados durante as obras de ampliação, readequação ou manutenção do trecho analisado (plataforma e faixa de domínio);
- PVF-E (Meio biótico): avaliação dos impactos relacionados à fauna, flora e vegetação durante a fase de operação da rodovia;
 - PVE – Fauna: avalia a situação da fauna presente no entorno da rodovia, tratando sobre questões de monitoramento até o controle de animais mortos;
 - PVE – Vegetação: verifica o estado da vegetação presente no entorno da rodovia, abordando questões de manejo adequado até o controle de árvores exóticas.
- PVF-F (Segurança viária): monitorar aspectos relacionados à segurança dos usuários através de indicadores direcionados para o monitoramento de acessos irregulares e árvores no entorno da rodovia;
- PVF-G (Socioambiental): avaliação de fatores que afetem a sociedade e sua relação com o meio ambiente, através de indicadores relacionados com a existência de campanhas e programas direcionados para educação ambiental, atendimento aos usuários e prevenção contra incêndios.

6.1.1 Operacionalização dos Critérios de Avaliação e Indicadores

Durante a análise dos dados originais observou-se que alguns indicadores possuíam uma alta complexidade para sua avaliação e mensuração ou pareciam estar fora de sua área de interesse, inviabilizando sua adoção como indicador (Anexo G).

Tendo em vista o grande volume de dados, optou-se por separar as modificações realizadas nos critérios de avaliação e nos indicadores. Desta forma, os resultados encontram-se separados por PVFs e PVEs e representados por quadros, onde a coluna “original” apresenta os critérios e indicadores originais e na coluna “definitivo” encontram-se as modificações realizadas. Ao final também é apresentada uma discussão sobre as justificativas das modificações adotadas.

Desta forma, para interpretação das alterações é preciso saber que:

- Inclusão: o critério original foi incluído naquele critério definitivo utilizando-se parte de sua descrição original;
- Exclusão: o critério original foi excluído.

Além disso, há situação de remanejamento, em que o critério original foi remanejado de ponto de vista e adotado sem alteração no critério definitivo. Destaca-se também a presença de texto que representa a definição já readequada do critério original.

No Quadro 4 são apresentados os critérios originais e as alterações do PVF-A (Água).

Quadro 4 - Alterações dos critérios do PVF-A (Água)

ID	Original	ID	Definitivo
A3	Chuvas	A3	Inclusão
A4	Lindeiros x faixa de domínio	G6	Inclusão

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério A3 original estava relacionado com a quantidade de manutenções no pavimento provocadas por chuvas, mas devido à complexidade e diversidade dos defeitos de pavimentos fica difícil determinar se a causa do defeito analisado foi exclusivamente pela chuva ou em função de alguns fatores que, em conjunto com a chuva, causou o defeito. Desta maneira, optou-se por incluir este critério no item “A3 - Plano de contingência para desastres com chuva” na forma de reforço da equipe de manutenção com foco nos serviços de tapa-buraco e limpeza dos sistemas de drenagem.

O critério A4 original tinha relação ao efeito prejudicial da drenagem ocasionado pela ocupação irregular da faixa de domínio pelos lindeiros. Além disso, durante a análise da base de dados, percebeu-se que este critério tem uma forte relação com a questão socioambiental. Logo, optou-se por incluir este critério no item “G6 - Ocupações irregulares” de forma a coibir este tipo de ocupação.

No Quadro 5 encontram-se os indicadores originais e os definitivos para o PVF-A (Água).

Quadro 5 - Alterações dos indicadores do PVF-A (Água)

ID	Original	ID	Definitivo
A2	Verificação de pontos de assoreamento	A2	Existência de programa de monitoramento de pontos de assoreamento
A5	Número de focos de erosão	A4	Porcentagem do trecho com erosão
A6	Área impermeável da faixa de domínio (área/trecho)	A5	Porcentagem da área impermeável da faixa de domínio
A9	Ações para identificar possíveis intervenções nos sistemas de drenagem	A7	Frequência do monitoramento dos sistemas de drenagem

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério A2 “Assoreamento” original restringia-se a verificação dos pontos de assoreamento. A alteração realizada visou à criação de um programa de monitoramento contínuo dos pontos de assoreamento e medidas para facilitar sua mensuração.

O indicador do critério A5 “Erosão” original preocupava-se com a determinação do número de focos de erosão, não permitindo o estabelecimento de níveis de desempenho, pois cada local pode apresentar um número variável de erosão. Logo, a alteração buscou a representação da erosão em porcentagem em relação à área total da plataforma incluindo a faixa de domínio do trecho analisado, permitindo a definição de níveis de desempenho.

O indicador do critério A6 “Impermeabilidade do solo” original visava apenas à identificação da área impermeável da faixa de domínio representando-a por meio da razão entre esta área e o trecho analisado, impossibilitando o estabelecimento de parâmetros de comparação, pois os trechos podem apresentar áreas diferentes entre si. Diante disto, a alteração buscou a definição desta área em porcentagem através da relação entre a área impermeável pela área total da faixa de domínio do trecho analisado.

O indicador do critério A9 “Medidas preventivas” original tem como objetivo a definição de ações para identificar possíveis intervenções nos sistemas de drenagem, mas a avaliação e definição dos seus níveis de desempenho se torna inviável devido à infinidade de ações e diferentes situações que cada órgão pode aplicar. Desta forma, a alteração baseou-se na frequência de monitoramento dos sistemas de drenagem recomendada no manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a).

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-A (Água) estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-A (Água)

Critério	A1 - Água superficial na plataforma	A2 – Assoreamento	A3 – Plano de contingência para desastres com chuva	A4 - Erosão
Indicador	Porcentagem da área do pavimento com escoamento deficiente (poça d'água)	Existência de programa de monitoramento de pontos de assoreamento	Existência de plano de contingência para desastres com chuva	Porcentagem do trecho com erosão
Critério	A5 – Impermeabilidade do solo	A6 – Manutenção dos sistemas de drenagem	A7 – Medidas preventivas	A8 – Programa de monitoramento da drenagem
Indicador	Porcentagem da área impermeável da faixa de domínio	Porcentagem de atendimento das ordens de serviço	Frequência de monitoramento dos sistemas de drenagem	Existência de programa de monitoramento dos sistemas de drenagem

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 7 estão dispostos os critérios originais e definitivos do PVF-B (Gestão).

Quadro 7 - Alterações dos critérios do PVF-B (Gestão)

ID	Original	ID	Definitivo
B1	Acessos irregulares	-	Exclusão
B6	Faixa de domínio	-	Exclusão
B7	Fiscalização de carga	B2	Inclusão
B8	Integração de projetos	-	Exclusão
B9	Integração de setores público/privado	-	Exclusão
B10	Integração entre órgãos	-	Exclusão
B11	Manutenção da sinalização	B5	Controle/Manutenção da sinalização
B14	Pesquisas e treinamento	B13	Pesquisa
		B14	Treinamento

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério B1 original foi excluído devido à complexidade em sua mensuração, pois não é possível ter algum parâmetro para se utilizar como níveis de desempenho, já que cada local terá sua especificidade. Além disso, não foram encontrados argumentos na base de dados que justificassem a manutenção deste critério.

O critério B6 original também foi desconsiderado devido à complexidade para sua mensuração, pois a proposta inicial era que este fosse aferido através da verificação de conformidades da faixa de domínio quanto ao projeto inicial, inviabilizando uma mensuração rápida e simples.

O critério B7 original foi incluso no critério B2 definitivo, onde sua contribuição está relacionada com a fiscalização do transporte de carga a fim de evitar a redução

da vida útil do pavimento causada pelo excesso de peso, através da fiscalização de cargas.

Os critérios B8, B9 e B10 originais, apesar de serem de grande importância, foram excluídos devido à complexidade de sua mensuração. No caso do critério B8 a proposta inicial era a avaliação de medidas para integrar projetos técnicos e ambientais. O critério B9 visava à padronização de serviços entre os setores técnicos, inviabilizando uma maneira de aferição. Por fim, o critério B10 tinha como proposta mensurar o atendimento a problemas que relacionam diferentes órgãos e competências, inviabilizando uma maneira de aferição.

O critério B11 original foi adicionado no critério B5 definitivo, pois este critério já aborda questões relacionadas à manutenção da sinalização.

O critério B14 original foi desmembrado nos critérios B13 e B14 definitivos, visto que foi avaliado que estes são de grande importância quando na avaliação do item gestão. Ressalta-se que os critérios B13 e B14 foram remanejados do PVE – Equipe para o PVF – Gestão (B), devido a sua importância quando na avaliação deste PVF.

No Quadro 8 são apresentados os indicadores originais e as alterações do PVF (B).

Quadro 8 - Alterações dos indicadores do PVF-B (Gestão)

ID	Original	ID	Definitivo
B2	Quantidade de projetos executivos com projetos de meio ambiente	B1	Porcentagem de projetos executivos que contêm projetos de meio ambiente
B3	Existência e funcionalidade de balanças para o controle de cargas	B2	Existência e funcionalidade de balanças para o controle de cargas na área de influência do trecho analisado
B11	Razão entre os dispositivos de sinalizações mantidos pelos que têm algum defeito	B5	Existência de medidas para monitoramento e otimização dos sistemas de manutenção de sinalização nas rodovias

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério B2 “Compatibilização de projetos com o meio ambiente” original restringia-se à contagem dos projetos. Este indicador foi alterado para a determinação da porcentagem dos projetos executivos que contêm projetos de meio ambiente, pois assim é possível definir níveis de desempenho e estabelecer metas.

O indicador do critério B3 “Controle de carga” original foi ajustado para considerar a área de influência do trecho analisado, que representa a delimitação do controle de carga da balança analisada, ou seja, no trecho em que não é possível desviar da pesagem e deverá ser verificada a existência de desvios que permitam a evasão da balança.

O indicador do critério B11 “Manutenção da sinalização” original foi modificado devido à dificuldade em determinar níveis de desempenho e avaliação entre diferentes obras, além da dificuldade para a determinação dos dispositivos de sinalização mantidos e os que têm algum defeito. Logo, a alteração visa à verificação da existência de medidas para monitoramento e otimização dos sistemas de manutenção da sinalização.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-B (Gestão) estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-B (Gestão)

Critério	B1 – Compatibilização de projetos com o meio ambiente	B2 – Controle de carga	B3 – Plano de destinação de resíduos sólidos	B4 – Equipe técnica
Indicador	Porcentagem de projetos executivos que contêm projetos de meio ambiente	Existência e funcionalidade de balanças para o controle de cargas	Existência de plano de destinação dos resíduos da manutenção viária	Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Equipe.
Critério	B5 – Controle/ Manutenção da sinalização	B6 – Monitoramento de defeitos	B7 – Patrulha rural	B8 – Plano de contingência ambiental
Indicador	Existência de medidas para monitoramento e otimização dos sistemas de manutenção de sinalização nas rodovias	Existência de programa de monitoramento de defeitos no pavimento	Existência de programa da patrulha rural para manutenção e readequação de estrada não pavimentadas	Existência de plano de contingência ambiental
Critério	B9 – Plano de contingência de acidentes	B10 – Plano de gerenciamento	B11 – Programas ambientais	B12 – Suporte financeiro
Indicador	Existência de plano de contingência de acidentes	Existência de plano de gerenciamento	Desenvolvimento e aplicação de programas ambientais	Existência de fundos monetários para projetos ambientais
Critério	B13 – Pesquisa		B14 – Treinamento	
Indicador	Tempo dedicado para pesquisa ambiental dentro da jornada semanal de trabalho		Frequência de treinamentos para a questão ambiental	

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 10 encontram-se os indicadores originais e as alterações do PVE – Equipe.

Quadro 10 - Alterações dos indicadores do PVE – Equipe

ID	Original	ID	Definitivo
B63	Especificação das funções	B43	Existência de especificação das responsabilidades inerentes ao cargo do profissional
B66	Realização de treinamentos para a questão ambiental	B14	Frequência de treinamentos para a questão ambiental

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério B63 “Funções” original foi alterado apenas para melhorar a sua definição.

A alteração do indicador do critério B66 “Treinamento” original buscou uma maneira simples e rápida de determinar a situação da equipe técnica em relação a treinamentos voltados para questão ambiental. Salienta-se que, devido a sua importância, este critério e o B64 “Pesquisa” original foram remanejados para o PVF-B (Gestão).

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVE – Equipe estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Equipe

Critério	B41 – Empreiteira	B42 – Equipe multidisciplinar	B43 – Funções	B44 – Transição
Indicador	Porcentagem de atendimentos aos planos ambientais	Diversidade de profissionais para tarefa ambiental	Existência de especificação das responsabilidades inerentes ao cargo do profissional	Tempo para transição de cargo

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Os critérios originais e as alterações do PVF-C (Jurídico) estão apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 - Alterações dos critérios do PVF-C (Jurídico)

ID	Original	ID	Definitivo
C2	Burocracia na legislação	-	Exclusão
C3	Burocratização no órgão	C2	Burocracia no órgão (interna)
C4	Responsabilização dos órgãos	-	Exclusão
C7	Suporte financeiro	-	Exclusão

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério C2 original foi excluído, pois estava relacionado ao tempo de resolução de problemas burocráticos em órgãos externos, ou seja, não há nada que o gestor possa fazer para melhorar este ponto.

O critério C3 original estava relacionado à dificuldade para executar algum serviço ou projeto, demonstrando-se de difícil mensuração. Logo, o critério foi alterado para “Burocracia no órgão (interna)” com o objetivo de determinar a antecipação do órgão em relação à renovação das licenças ambientais.

O critério C4 original foi excluído, pois isto já é definido nos decretos e legislações que dão origem a estes órgãos. O critério C7 original também foi excluído, pois o mesmo já foi abordado no critério B12 do PVF-B (Gestão).

No Quadro 13 é apresentado o indicador original e sua alteração do PVF-C (Jurídico).

Quadro 13 - Alterações dos indicadores do PVF-C (Jurídico)

ID	Original	ID	Definitivo
C3	Dificuldade para executar algum serviço ou projeto	C2	Tempo de antecipação do processo de renovação do licenciamento ambiental

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério C3 “Burocratização no órgão” original estava relacionado com a dificuldade para executar algum serviço ou projeto, inviabilizando uma maneira de mensuração simples e rápida. Desta forma, optou-se por avaliar o tempo de antecipação do órgão em relação à renovação das licenças ambientais.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-C (Jurídico) estão apresentados no Quadro 14.

Quadro 14 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-C (Jurídico)

Critério	C1 – Legislações ambientais específicas	C2 – Burocracia na legislação (interna)	C3 – Reintegração da faixa de domínio	C4 – Estrutura jurídica
Indicador	Atendimento às legislações ambientais	Tempo de antecipação do processo de renovação do licenciamento ambiental	Existência de medidas para reintegrar a faixa de domínio	Existência de departamento jurídico por superintendência do órgão

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 15 estão dispostos os critérios originais e as alterações do PVF-D (Materiais).

Quadro 15 - Alterações dos critérios do PVF-D (Materiais)

ID	Original	ID	Definitivo
D2	Controle de materiais de pintura	-	Exclusão
D7	Material fresado	D6	Manejo de material fresado
D9	Reciclagem de resíduos	D8	Reciclagem de resíduos de fresagem

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Tendo em vista que o critério D2 original estava relacionado com a porcentagem de material de pintura utilizada em relação ao total do serviço, optou-se pela sua exclusão devido o critério D9 “Resíduos químicos” definitivo já abordar este item.

O critério D7 original sofreu alteração para especificar o indicador a ser avaliado. Desta forma, foi inserido o conceito de manejo para abranger todas as etapas necessárias para o controle do material fresado.

Haja vista que o critério D7 “Reaproveitamento de materiais (demolição)” definitivo já abrange a questão de reaproveitamento de resíduos oriundos de demolição, exceto do pavimento, a alteração realizada no critério D9 original focou na reciclagem de resíduos de fresagem.

Os indicadores originais e suas alterações do PVF-D (Materiais) estão apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 - Alterações dos indicadores do PVF-C (Jurídico)

ID	Original	ID	Definitivo
D1	Porcentagem de materiais gastos por período	D1	Razão entre a quantidade de materiais utilizados sobre a prevista em projeto
D6	Quantidade de máquinas desativadas	D5	Idade média dos maquinários
D7	Controle do material de fresagem	D6	Existência de procedimento para controle do material fresado
D8	Porcentagem de material retirado da rodovia e com reaproveitamento	D7	Porcentagem do material reaproveitado de demolição na área rodoviária, exceto do pavimento
D9	Porcentagem de material reciclado	D8	Porcentagem de material reciclado oriundo do pavimento

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério D1 “Controle de materiais” original estava relacionado ao controle de materiais gastos em um determinado período. Logo, a alteração teve como objetivo identificar perdas ou economia de materiais através da razão entre o previsto em projeto e o total gasto.

O indicador do critério D6 “Maquinários obsoletos” original tinha como objetivo quantificar as máquinas desativadas. Contudo, este indicador se torna inviável quando na comparação dos resultados e estabelecimento de níveis de desempenho. Desta forma, a alteração visou à determinação da idade média dos maquinários, indicador já adotado em empresas de ônibus e transportadoras.

O indicador do critério D7 “Material fresado” original buscava identificar se havia o controle do material fresado, mas este conceito é muito geral e não especificava qual o tipo de controle. Dessa forma, o estabelecimento de níveis de desempenho seria complexo. Assim, a alteração busca identificar se há procedimentos para controle de material fresado, onde os itens básicos podem ser obtidos na literatura.

O indicador do critério D8 “Reaproveitamento de materiais (demolição)” original abordava o reaproveitamento geral de todos os materiais gerados nas obras de manutenção. A alteração teve como objetivo especificar que o indicador trata apenas do reaproveitamento dos resíduos oriundos de demolição, excluindo aqueles originários do pavimento.

Já o indicador do critério D9 “Reciclagem de resíduos” original tratava a reciclagem de uma forma geral, abrangendo todos os resíduos. Desta maneira, a alteração buscou refinar a reciclagem para os resíduos de fresagem do pavimento, pois o indicador D7 definitivo já aborda os outros tipos de resíduos sólidos.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-D (Materiais) estão apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-D (Materiais)

Critério	D1 – Controle de uso de materiais	D2 – Destinação de resíduos sólidos	D3 – Disposição de resíduos de demolição	D4 – Disposição de resíduos de fresagem	D5 – Maquinários obsoletos
Indicador	Razão entre a quantidade de materiais utilizados sobre a prevista em projeto	Porcentagem de resíduos sólidos destinada corretamente	Porcentagem de resíduos sólidos de demolição destinada corretamente	Porcentagem de resíduos de fresagem dispostos corretamente	Idade média dos maquinários
Critério	D6 – Plano de manejo de material fresado	D7 – Reaproveitamento de materiais (demolição)	D8 – Reciclagem de resíduos de fresagem	D9 – Resíduos químicos	D10 – Transporte de resíduos sólidos
Indicador	Existência de plano para controle do material fresado	Porcentagem do material reaproveitado de demolição na área rodoviária, exceto do pavimento	Porcentagem de material reciclado oriundo do pavimento	Existência de procedimento para controle dos resíduos químicos	Existência de procedimento para controle do transporte de resíduos sólidos

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 18 estão organizados os indicadores originais e as alterações do PVF-E (Meio biótico).

Quadro 18 - Alterações dos indicadores do PVF-E (Socioambiental)

ID	Original	ID	Definitivo
E1	Porcentagem de área de impactos causados ao solo pela rodovia em manutenção	E1	Porcentagem da área do solo impactada pela rodovia em manutenção

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A alteração realizada no indicador E1 “Solo” original teve como objetivo simplificar o item a ser avaliado, deixando o texto mais claro.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-E (Meio biótico) estão apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-E (Meio biótico)

Critério	E1 – Solos	E2 – Fauna	E3 – Vegetação
Indicador	Porcentagem da área do solo impactada pela rodovia em manutenção	Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Fauna.	Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Vegetação.

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 20 são apresentados os critérios originais e as alterações do PVE – Fauna.

Quadro 20 - Alterações dos critérios do PVE – Fauna

ID	Original	ID	Definitivo
E21	Contenção de animais	E21	Contenção/condução de animais
E22	Destinação de animais mortos	E22	Controle de animais mortos
E23	Monitoramento de espécies de animais	E23	Monitoramento/preservação de espécies de animais
E24	Passagem para animais	E23	Monitoramento/preservação de espécies de animais
E25	Preservação de espécies	E23	Monitoramento/preservação de espécies de animais
E26	Sinalização de animais na pista (localização)	E23	Monitoramento/preservação de espécies de animais

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Tendo em vista que o critério E21 original estava relacionado apenas com a contenção dos animais, a alteração realizada incluiu também o conceito de condução para garantir a passagem adequada dos animais.

O critério E22 original tinha como objetivo apenas a quantificação dos animais mortos destinados corretamente, com isto à alteração visou ampliar a análise sobre este critério por meio de planos de monitoramento, controle e destinação de animais mortos.

O critério E23 original visava apenas o monitoramento das espécies animais. Desta forma, a alteração ampliou a atuação deste critério por meio da inserção dos critérios originais: E24 “Medidas a serem tomadas a fim de garantir a preservação das espécies animais”; E25 “Preservação de espécies”; E26 “Sinalização de animais na pista”; gerando o critério E23 definitivo.

No Quadro 21 encontram-se os indicadores originais e suas alterações do PVE – Fauna.

Quadro 21 - Alterações dos indicadores do PVE – Fauna

ID	Original	ID	Definitivo
E21	Medidas de contenção de animais	E21	Existência de programa para contenção e condução de animais silvestres e domésticos
E22	Quantidade de animais mortos destinados corretamente	E22	Existência de plano de monitoramento, controle e destinação de animais mortos
E23	Existência de programa de monitoramento de espécies de animais	E23	Existência de programa de monitoramento e preservação de espécies de animais

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A mensuração do indicador do critério E21 “Contenção de animais” original é complexa para a definição de níveis de desempenho, pois podem existir diversas medidas para contenção de animais dependendo do local analisado. Logo, a alteração buscou readequar o indicador para a existência de programa contenção e condução de animais silvestres e domésticos e assim abordando uma gama maior de possibilidades.

Tendo em vista que a mensuração do indicador do critério E22 “Destinação de animais mortos” original é variável dependendo do local e quantidade de animais, impossibilitando o estabelecimento de níveis de desempenho, a alteração visou à identificação de plano de monitoramento, controle e destinação de animais mortos.

O indicador do critério E23 “Monitoramento de espécies de animais” original sofreu alteração para identificar a existência de programa de monitoramento e preservação de espécies de animais.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVE – Fauna estão apresentados no Quadro 22.

Quadro 22 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Fauna

Critério	E21 – Contenção/condução de animais	E22 – Controle de animais mortos	E23 – Monitoramento/preservação de espécies de animais
Indicador	Existência de programa para contenção e condução de animais silvestres e domésticos	Existência de plano de monitoramento, controle e destinação de animais mortos	Existência de programa de monitoramento e preservação de espécies de animais

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 23 estão dispostos os critérios originais e as alterações do PVE – Vegetação.

Quadro 23 - Alterações dos critérios do PVE – Vegetação

ID	Original	ID	Definitivo
E36	Vegetação como sinalização	E34	Integração de vegetação com obras civis

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério E36 original abordava a questão da utilização da vegetação como sinalização. Logo, a alteração foi a sua inclusão no critério E34 definitivo através do programa de incentivo à implantação de vegetação em obras civis a qual engloba a questão da sinalização como vegetação.

No Quadro 24 são apresentados os indicadores originais e as alterações realizadas no PVE – Vegetação.

Quadro 24 - Alterações dos indicadores do PVE – Vegetação

ID	Original	ID	Definitivo
E31	Identificação e retirada de árvores exóticas	E31	Existência de programa de monitoramento e controle de árvores exóticas
E32	Porcentagem de m ³ de poda destinada corretamente	E32	Existência de programa de monitoramento, controle e destinação de resíduos de podas
E33	Verificação de espécies de vegetação para os trechos da manutenção	E33	Existência de programa de verificação e seleção de espécies de vegetação adequadas
E35	Programa de manejo de vegetação	E35	Existência de programa de manejo de vegetação em geral

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A mensuração do indicador do critério E31 “Árvores exóticas” original era simples, mas sem a possibilidade da definição de níveis de desempenho. Desta forma, a alteração visou à inclusão deste indicador como um dos itens do programa de monitoramento e controle de árvores exóticas.

O indicador do critério E32 “Destinação de poda” original visava à quantificação dos resíduos de poda. Entretanto, este indicador é muito variável dependendo do local analisado e também não é possível estabelecer níveis de desempenho. Logo, o indicador foi alterado para avaliar a existência de programa de monitoramento, controle e destinação de resíduos de podas que dentre os itens necessários, também avalia a quantificação do resíduo.

O indicador do critério E33 “Espécies adequadas” original tinha como objetivo a verificação de espécies de vegetação nos trechos avaliados, impossibilitando o estabelecimento de níveis de desempenho. Desta forma, a alteração consistiu em verificar a existência de programa de verificação e seleção de espécies de vegetação adequadas.

A alteração realizada no indicador do critério E35 “Manejo adequado” original restringe-se apenas em definir que o programa de manejo contemple a vegetação em geral.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVE – Vegetação estão apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 - Critérios de avaliação e indicadores PVE – Vegetação

Critério	E31 – Árvores exóticas	E32 – Destinação de podas	E33 – Espécies adequadas	E34 – Integração de vegetação com obras civis	E35 – Manejo adequado
Indicador	Existência de programa de monitoramento e controle de árvores exóticas	Existência de programa de monitoramento, controle e destinação de resíduos de podas	Existência de programa de verificação e seleção de espécies de vegetação adequadas	Existência de programa de incentivo à implantação de vegetação em obras civis	Existência de programa de manejo de vegetação em geral

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 26 estão dispostos os critérios originais e as alterações do PVF-F (Segurança viária).

Quadro 26 - Alterações dos critérios do PVF-F (Segurança viária)

ID	Original	ID	Definitivo
F2	Conformidade de solos adjacentes	-	Exclusão
F3	Curvas de níveis	-	Exclusão
F4	Faixa de domínio	-	Exclusão
F5	Ocupação irregular	G6	Ocupações irregulares
F6	Sinalização	-	Exclusão
G1	Acessos irregulares	F2	Monitoramento de acessos

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Levando em consideração que o critério F2 original tinha sua mensuração através da verificação da topografia dos solos conforme projetos, observa-se a complexidade para obtenção dos dados necessários para o seu acompanhamento e também a dificuldade de definir níveis de desempenho para funcionarem como parâmetro de avaliação. Logo, optou-se pela sua exclusão, o mesmo se aplica ao critério F3 original.

O critério F4 original foi excluído, pois sua mensuração estava condicionada as condições do local analisado, podendo ser muito variável de um local para outro, dificultando o estabelecimento de níveis de desempenho e parâmetros de comparação.

O critério F5 original foi remanejado para o critério G6 definitivo do PVF-G (Socioambiental), pois o mesmo está relacionado com a influência da população nos impactos ambientais. O critério F6 original teve sua exclusão devida sua dificuldade de mensuração e definição de níveis de desempenho. O critério F2 definitivo tem sua origem do critério G1 original, assim, optou-se por essa realocação porque os acessos irregulares potencializam os riscos de acidentes.

No Quadro 27 são apresentados os indicadores originais e suas alterações do PVF-F (Segurança viária).

Quadro 27 - Alterações dos indicadores do PVF-F (Segurança viária)

ID	Original	ID	Definitivo
F1	Retirada de árvores no entorno da rodovia (porcentagem retirada)	F1	Existência de programa de monitoramento e ações corretivas relacionadas à influência das árvores do entorno na segurança viária
G1	Porcentagem de acessos fechados	F2	Existência de programa de monitoramento de acessos irregulares na rodovia

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério F1 “Árvores no entorno” original visava apenas quantificar a porcentagem de retirada de árvores no entorno da rodovia, demonstrando-se de fácil mensuração, mas impossibilitando o estabelecimento de níveis de desempenho e parâmetros de comparação, pois dependendo do local analisado não há presença de árvores. Desta maneira, a alteração teve como objetivo estabelecer uma abordagem geral através da verificação da existência do programa de monitoramento e ações corretivas relacionadas à influência das árvores do entorno na segurança viária, o qual deverá conter algumas premissas básicas.

O indicador F2 definitivo tem sua origem do indicador do critério G1 “Acessos irregulares” original que foi remanejado para o PVF-F (Segurança viária). A alteração realizada teve como objetivo estabelecer medidas básicas a serem tomadas para evitar acessos irregulares através de um programa de monitoramento.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-F (Segurança viária) estão apresentados no Quadro 28.

Quadro 28 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-F (Segurança viária)

Critério	F1 – Árvores no entorno	F2 – Monitoramento de acessos
Indicador	Existência de programa de monitoramento e ações corretivas relacionadas a influência das árvores do entorno na segurança viária	Existência de programa de monitoramento de acessos irregulares na rodovia

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 29 encontram-se os critérios originais e as alterações do PVF-G (Socioambiental).

Quadro 29 - Alterações dos critérios do PVF-G (Socioambiental)

ID	Original	ID	Definitivo
G1	Acessos irregulares	-	Remanejado para F2
G2	Consciência ambiental	-	Remanejado para G2
G5	Incêndios	G3	Prevenção de incêndios
G7	Lixo urbano	-	Remanejado para G2
F5	Ocupação indevida	G6	Ocupações irregulares

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério G1 original foi remanejado para o PVF-F (Segurança viária), conforme explicado anteriormente. Os critérios G2 e G7 originais foram remanejados para o critério G2 “Educação ambiental” definitivo, onde os mesmos devem ser abordados

nas campanhas e programas a serem adotados na educação ambiental desenvolvida pelo órgão rodoviário.

O critério G5 original foi alterado para prevenção de incêndios de forma a explicitar seu caráter preventivo. O critério G6 “Ocupações irregulares” definitivo tem sua origem no critério F5 original, conforme já foi explanado anteriormente.

No Quadro 30 são apresentados os indicadores originais e suas alterações do PVF-G (Socioambiental).

Quadro 30 - Alterações dos indicadores do PVF-G (Socioambiental)

ID	Original	ID	Definitivo
G3	Programas de educação ambiental direcionado para a depredação	G1	Existência de campanhas sobre o efeito da depredação rodoviária
G5	Taxa de incêndios controlados por período	G3	Existência de campanhas para prevenção e combate a incêndios ambientais
G6	Verificação de problemas atendidos em relação aos lindeiros	G4	Existência de sistemas de atendimento aos lindeiros
G8	Programas de educação ambiental direcionado para o vandalismo	G5	Existência de programas contra o vandalismo nas rodovias

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O indicador do critério G3 “Depredação” original foi alterado para focar nas campanhas sobre o efeito da depredação rodoviária.

A mensuração do indicador do critério G5 “Incêndios” original dificultava a definição de níveis de desempenho e parâmetros de comparação, pois cada localidade tem sua particularidade para o desenvolvimento de incêndios. Logo, a alteração visou à verificação sobre campanhas para prevenção e combate a incêndios.

Tendo em vista que a mensuração do indicador do critério G6 “Integração com os lindeiros” original era complexa e dificultava a definição de níveis de desempenho, a alteração teve como objetivo de verificar a existência de sistemas de atendimento aos lindeiros.

O indicador G8 “Vandalismo” original foi alterado com o objetivo de especificar programas direcionados contra o vandalismo nas rodovias.

Os critérios de avaliação e indicadores adotados para o PVF-G (Socioambiental) estão apresentados no Quadro 31.

Quadro 31 - Critérios de avaliação e indicadores PVF-G (Socioambiental)

Critério	G1 – Depredação indireta	G2 – Educação ambiental	G3 – Prevenção de incêndios
Indicador	Existência de campanhas sobre o efeito da depredação rodoviária	Existência de programas de educação ambiental	Existência de campanhas para prevenção e combate a incêndios ambientais
Critério	G4 – Integração com os lindeiros	G5 – Vandalismo	G6 – Ocupações irregulares
Indicador	Existência de sistemas de atendimento aos lindeiros	Existência de programas contra o vandalismo nas rodovias	Existência de ocupações irregulares da faixa de domínio

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Ao final desta etapa de ajuste foram adotados 59 critérios de avaliação e seus respectivos indicadores.

6.1.2 Níveis de Desempenho

Para sintetizar os resultados deste item utilizou-se todas as informações a respeito dos critérios de avaliação, indicadores, descrição e níveis de desempenho de cada PVF/PVE agrupadas e disponibilizadas nas Figuras 10 a 20. Os níveis de referências bom e neutro estão identificados nas cores verde e azul, respectivamente. Ressalta-se que o nível bom se refere ao aceitável para determinado critério, enquanto o neutro é o mínimo aceitável. Cabe frisar também que os níveis de desempenho se encontram hierarquizados segundo a atratividade decrescente.

É importante destacar que para a avaliação do desempenho ambiental da manutenção rodoviária, devem ser adotados trechos de 1,0 quilômetro, pois assim não há o cansaço dos avaliadores e, como uma rodovia possui grandes extensões, trechos com extensão reduzida possibilitam um acompanhamento individualizado, permitindo ações de maneira rápida para melhorar o seu desempenho ambiental.

Para o PVF-A (Água) os dados compilados da fase de estruturação são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Critérios de avaliação do PVF-A (Água)

A1 - Água superficial na plataforma		A2 - Assoreamento		A3 - Plano de contingência para desastres com chuva		A4 - Erosão	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Porcentagem da área do pavimento com escoamento deficiente (poça d'água)		Existência de programa de monitoramento de pontos de assoreamento		Existência de plano de contingência para desastres com chuva		Porcentagem do trecho com erosão	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
%		-		-		%	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Relacionado à manutenção do pavimento em função da ação de chuvas e projeto de drenagem, além da segurança dos usuários devido à aquaplanagem dos veículos.		Programa ou plano de monitoramento dos pontos de assoreamento dos corpos hídricos presentes no trecho analisado.		Relacionado à existência de plano de contingência de desastres com chuva		Porcentagem do trecho analisado com erosão, levando em consideração a área da plataforma e faixa de domínio.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	0	1	Existe	1	Existe	1	0
2	10	2	Existe, mas necessita de melhoria	2	Existe, mas necessita de melhoria	2	10
3	15	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	15
4	25	4	Não existe	4	Não existe	4	25
5	50					5	50
A5 - Impermeabilidade do solo		A6 - Manutenção dos sistemas de drenagem		A7 - Medidas preventivas		A8 - Programa de monitoramento da drenagem	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Porcentagem da área impermeável da faixa de domínio		Porcentagem de atendimento das ordens de serviço		Frequência de monitoramento dos sistemas de drenagem		Existência de programa de monitoramento dos sistemas de drenagem	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
%		%		Número de visitas/mês por trecho da rodovia		-	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Aponta a situação da impermeabilidade do solo da faixa de domínio do trecho analisado.		Verificação da quantidade de manutenções atendidas e que tiveram a ordem de serviço cumprida.		Verificar a adoção de medidas preventivas que auxiliem no bom funcionamento do sistema de drenagem.		O programa de monitoramento visa garantir o correto funcionamento do sistema de drenagem, a qualidade da água e adequação do sistema às condições atuais.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	0	1	100	1	4	1	Existe
2	5	2	85	2	3	2	Existe, mas necessita de melhorias/ atualizações
3	10	3	75	3	2	3	Não existe, mas está em elaboração
4	15	4	65	4	1	4	Não existe
5	20	5	55	5	0		

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Conforme pode ser constatado, alguns critérios deste grupo apresentam certa similaridade ou sombreamento. É o caso dos critérios A1 e A6, onde caso o critério A6 seja atendido poderá não haver problemas com o A1. Contudo, na base de dados original os decisores elegeram estes dois critérios como PVF.

Em Curitiba, os decisores pontuaram que o critério A1 tem relação direta com o aumento de acidentes, manutenção do pavimento e da plataforma. Em Maringá, eles avaliaram que este critério visa o aumento da segurança aos usuários.

O critério A6 também é justificado segundo a opinião dos decisores de Curitiba e Ponta Grossa, pois este critério tem como objetivo garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem e caso isto não ocorra há o descontrole e emergências nos sistemas, além de promover acidentes e a necessidade de manutenções no sistema de drenagem.

Os critérios A2 e A4 também possuem sobreposição, pois o assoreamento é uma consequência da erosão. Entretanto, na base de dados original os decisores de Maringá avaliaram que a verificação dos pontos de assoreamento através do critério A2 apresenta como ponto positivo a conservação dos corpos hídricos.

Já o critério A4 é abordado em Maringá com o objetivo de controlar as erosões com os sistemas de drenagem. Em Curitiba, os decisores justificaram este critério em função da mitigação dos processos erosivos. Em Cascavel, pontuou-se a minimização dos problemas de erosões e como ponto negativo o aumento de problemas relacionados à conservação dos dispositivos de drenagem.

Os critérios A6 e A7 também apresentam sobreposição. Contudo, o critério A6, segundo os decisores de Curitiba, visa garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem, evitando o descontrole e emergências nos sistemas. Em Ponta Grossa, os decisores pontuaram que este critério objetiva a garantia do funcionamento dos sistemas de drenagem, impedindo problemas com acidentes e manutenções na drenagem. Enquanto que o critério A7 é justificado pelo decisores Ponta Grossa por adequar os sistemas às condições atuais.

Logo, os decisores desta pesquisa avaliaram que estes critérios, apesar de possuírem similaridade ou sobreposição, são PVFs que devem ser adotados e analisados separadamente, obedecendo às propriedades de inteligibilidade, operacionalidade e consensualidade.

Algumas considerações e recomendações para a aferição dos critérios apresentados na Figura 10 são necessárias e listadas a seguir:

- **A1:** visa à identificação das áreas com escoamento deficiente, representando esta área em porcentagem em relação à área total do pavimento do trecho analisado;
- **A2:** uma alternativa para o programa é utilizar o guia de avaliação de assoreamento de reservatório elaborado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, CARVALHO *et al.*, 2000), onde constam medidas para

mensurar a sedimentação, utilizando: trena; cabo de aço; teodolito; distanciômetro entre outros;

- **A3:** o plano de contingência para desastres com chuva deve conter os seguintes itens básicos: Introdução; Finalidade; Situação e cenários de risco; Conceito de operação; Estrutura de resposta; Administração e logística; Atualização. Estes itens foram baseados no trabalho de Jungles (2012), o qual poderá ser consultado para auxiliar os gestores na elaboração do plano;
- **A4:** identificação das áreas com erosão, representando-as em porcentagem em relação à área total da plataforma mais a faixa de domínio do trecho analisado. Ver no manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a) no item 3.7.5.3.1 medidas preventivas e de controle de erosão;
- **A5:** relação entre a área impermeável pela área total da faixa de domínio do trecho analisado;
- **A6:** relação em porcentagem da quantidade de manutenções atendidas e o total de ordens de serviços relacionadas à manutenção dos sistemas de drenagem, o período da avaliação pode ser estipulado pelo avaliador (bimestral, trimestral, anual, etc.). No manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a) no item 4.3.2.2.3 são apresentados os prazos para a correção de algumas não conformidades relacionadas com a drenagem viária;
- **A7:** frequência a qual ocorre o monitoramento dos sistemas de drenagem, incluindo inventário da avaliação de campo, o qual deve abranger os seguintes elementos: identificação, localização e quantificação de todos os elementos contidos na faixa de domínio capazes de gerar serviços (DNIT, 2005a);
- **A8:** o plano deve abranger os seguintes itens básicos, conforme é sugerido no manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a): Inspeção visual: diária; Inspeção com inventário: quinzenal; Intervenção de rotina: quinzenal e Desastres: ação imediata.

Os resultados para o PVF-B (Gestão) estão dispostos nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Critérios de avaliação do PVF-B (Gestão)

B1 – Compatibilização de projetos com o meio ambiente		B2 – Controle de carga		B3 – Plano de destinação de resíduos sólidos		B4 – Equipe técnica	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Porcentagem de projetos executivos que contêm projetos de meio ambiente		Existência e funcionalidade de balanças para o controle de cargas		Existência de plano de destinação dos resíduos da manutenção viária		Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Equipe.	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
%		-		-		%	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Visa a previsão e diminuição dos impactos ambientais nos projetos executivos através da porcentagem de projetos executivos que possuem projetos relacionados ao meio ambiente.		Verificar a existência e funcionalidade de balanças para o controle de cargas na rodovia do trecho analisado.		Plano de destinação dos resíduos gerados nas atividades de manutenção, abrangendo desde o pavimento até a faixa de domínio, promovendo o reaproveitamento, reciclagem e garantido a destinação adequada para estes resíduos.		Mensurar a qualidade da equipe técnica, avaliando desde a questões de pesquisa, treinamento e multidisciplinaridade da equipe.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	100	1	Existe, funcionamento de 24h	1	Existe	1	100
2	75	2	Existe, funcionamento parcial	2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações	2	75
3	50	3	Existe, mas não está em operação/Não existe	3	Não existe, mas está em elaboração	3	50
4	25			4	Não existe	4	25
5	0					5	0
B5 – Controle/ Manutenção da sinalização		B6 – Monitoramento de defeitos		B7 – Patrulha rural		B8 – Plano de contingência ambiental	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de medidas para monitoramento e otimização dos sistemas de manutenção de sinalização nas rodovias		Existência de programa de monitoramento de defeitos no pavimento		Existência de programa de patrulha rural para manutenção e readequação de estrada não pavimentadas		Existência de plano de contingência ambiental	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
-		-		-		-	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Relacionado a segurança dos usuários através da manutenção da sinalização.		Programa para monitoramento de defeitos do pavimento contendo inspeção visual, inventário e intervenção de rotina.		Manutenção preventiva e readequação dos acessos a rodovia por estradas não pavimentadas utilizadas pelo lindeiros.		Plano de contingência ambiental contendo as providências para enfrentar uma situação de emergência.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existem	1	Existe	1	Existe	1	Existe
2	Existem, mas necessitam de atualizações	2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações	2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações	2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações
3	Não existem, mas estão em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração/Não existe	3	Não existe, mas está em elaboração
4	Não existem	4	Não existe			4	Não existe

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A seguir encontram-se algumas considerações e recomendações para aferição dos critérios apresentados na Figura 11:

- **B1:** relação em porcentagem dos projetos executivos que contenham projetos voltados para o meio ambiente com o total de projetos executivos;
- **B2:** durante a averiguação observar a questão das inspeções periódicas da balança, tais como: aferição da balança; condições de operação do sistema de

computação e pesagem e estado de conservação (DNIT, 2005a). O nível 3 reflete a situação em que mesmo existindo a balança, mas não estando em operação causa o mesmo impacto caso esta não existisse;

- **B3:** o plano deve apresentar alguns itens essenciais, como a identificação, descrição, classificação, quantificação e destinação dos resíduos gerados, além de medidas descritivas compreendendo o manejo correto, armazenamento, transporte e disposição final dos diferentes tipos de resíduos. Como base o gestor pode consultar a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e as resoluções do CONAMA pertinentes ao assunto;
- **B4:** porcentagem em relação à pontuação máxima obtida pela agregação aditiva dos critérios do PVE – Equipe;
- **B5:** no manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a) são fornecidas medidas a respeito do monitoramento e otimização da sinalização viária, além de disponibilizar os prazos para ações corretivas. Desta forma, durante a verificação da existência de tais medidas deverão ser observados alguns itens essenciais a serem monitorados pelos gestores:
 - Sinalização horizontal: faixa de pinturas, tachas e tachões (limpeza, reflexividade, desgaste e inexistência);
 - Sinalização vertical: placas de sinalização (limpeza, substituição, reposição e reflexividade); pórticos e suportes (limpeza, substituição, reposição e complementação); balizadores (limpeza, substituição, reposição, reflexividade e complementação).
- **B6:** deve constar no programa os procedimentos técnicos, equipamentos, normas, prazos e responsáveis pela realização do monitoramento e os prazos devem ter como base o manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a): Inspeção visual: diária; Intervenção de rotina: semanal; Inventário: quinzenal e Tempo máximo de reparo em caso de degradação acentuada: 24 horas;
- **B7:** quando na ocorrência de desastres naturais ou fortes chuvas, o programa da patrulha rural irá auxiliar os lindeiros na readequação aos acessos a rodovia. Ademais, o programa deve apresentar os procedimentos técnicos, equipamentos, normas, prazos, formulários e responsáveis pela realização dos serviços nas estradas não pavimentadas utilizadas pelo lindeiros;

- **B8:** os itens básicos a serem abordados: Introdução; Finalidade; Situação e cenários de risco; Conceito de operação; Estrutura de resposta; Administração e logística e Atualização. A resolução CONAMA 398/2008 poderá ser consultada para auxiliar os gestores na elaboração do plano.

Figura 12 - Critérios de avaliação do PVF-B (Gestão)

B9 – Plano de contingência de acidentes		B10 – Plano de gerenciamento		B11 – Programas ambientais	
Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de plano de contingência de acidentes		Existência de plano de gerenciamento		Desenvolvimento e aplicação de programas ambientais	
Unidade		Unidade		Unidade	
-		-		Atendimento	
Descrição		Descrição		Descrição	
Plano de contingência para acidentes no transporte de produtos perigosos, contendo procedimento de ações de emergência.		Plano de gerenciamento com foco na gestão ambiental da manutenção viária.		Programas ambientais desenvolvidos que foram realmente aplicados.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existe	1	Existe	1	Sim
2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações	2	Existe, mas necessita de melhorias/atualizações	2	Parcial
3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não
4	Não existe	4	Não existe		
B12 – Suporte financeiro		B13 – Pesquisa		B14 – Treinamento	
Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de fundos monetários para projetos ambientais		Tempo dedicado para pesquisa ambiental dentro da jornada semanal de trabalho		Frequência de treinamentos para a questão ambiental	
Unidade		Unidade		Unidade	
-		Horas/semana		Número de treinamento anual	
Descrição		Descrição		Descrição	
Orçamento anual disponível ou destinado para projetos ambientais.		Tempo dedicado pelos profissionais para pesquisa ambiental.		Frequência anual de treinamentos voltados para questão ambiental, incluindo educação ambiental, cursos e palestras relacionadas a gestão ambiental dos serviços de manutenção rodoviária.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Sim	1	20	1	4
2	Não, mas está em desenvolvimento	2	15	2	2
3	Não	3	10	3	1
		4	5	4	0
		5	0		

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Ressalta-se que o critério B10 e B11 apresentam similaridade. Contudo, na base de dados original os decisores de Maringá avaliaram que o critério B10 visa dar suporte à gestão ambiental, facilitando o acesso a informação, buscando a sustentabilidade e prevendo a geração de impactos ambientais. Já o critério B11 é visto pelo decisores como uma maneira de promover a redução de resíduos e sua destinação correta através do cumprimento dos programas ambientais. Desta forma, estes decisores avaliaram os dois critérios como PVFs e que necessitam ter sua

avaliação independente, isto também foi adotado pelos decisores desta pesquisa, atendendo as propriedades de inteligibilidade, operacionalidade e consensualidade.

Além disso, algumas considerações e recomendações para aferição dos critérios de avaliação são apresentados na Figura 12:

- **B9:** o manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos (DNIT, 2005b) poderá ser consultado para auxiliar os gestores na elaboração do plano;
- **B10:** observar se o plano tem medidas que dão suporte à gestão ambiental, além da melhoria e diminuição contínua dos impactos ambientais, buscando a sustentabilidade dos serviços envolvidos na manutenção viária;
- **B11:** durante a avaliação dos planos ambientais atendidos o avaliador deverá observar quais foram os programas desenvolvidos e os realmente aplicados no órgão. O nível parcial refere-se aos planos desenvolvidos, mas não aplicados. A relação destes programas a serem desenvolvidos encontra-se disposta no manual de conservação rodoviária (DNIT, 2005a) no item 3.7.4.1;
- **B12:** o nível “não, mas está em desenvolvimento” significa que apesar de não haver suporte financeiro para questões ambientais, o órgão rodoviário tem projetos e planos para que isto ocorra;
- **B13:** verificação das horas semanais destinadas exclusivamente à pesquisa ambiental dentro do órgão rodoviário;
- **B14:** verificação dos certificados obtidos em cada treinamento daquele órgão rodoviário.

Para o PVE – Equipe os dados compilados da fase de estruturação são apresentados na Figura 13.

Figura 13 - Critérios de avaliação do PVE – Equipe

B41 – Empreiteira		B42 – Equipe multidisciplinar		B43 – Funções		B44 – Transição	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Porcentagem de atendimentos aos planos ambientais		Diversidade de profissionais para tarefa ambiental		Existência de especificação das responsabilidades inerentes ao cargo do profissional		Tempo para transição de cargo	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
%		Quantidade de formações acadêmicas distintas		-		Ano(s)	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Verifica o atendimento aos planos ambientais propostos para os empreiteiros.		Verifica a diversidade de profissionais, contribuindo para a eficiência da gestão ambiental e melhorando as perspectivas sobre o meio ambiente no órgão rodoviário.		Instrumentos de orientação para os servidores públicos a respeito das suas responsabilidades, direitos e deveres inerentes ao cargo.		Tempo necessário para os profissionais ascenderem de cargo dentro do órgão.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	100	1	5	1	Existe	1	1
2	75	2	4	2	Existe, mas necessita de melhorias/ atualizações	2	2
3	50	3	3	3	Não existe, mas está em elaboração	3	3
4	25	4	2	4	Não existe	4	4
5	0	5	1	5		5	5

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Diante dos critérios de avaliação apresentados na Figura 13 são necessárias algumas considerações e recomendações para sua adequada aferição:

- **B41:** *check list* pontuando os itens atendidos e não atendidos, onde o resultado final será a porcentagem do total de itens atendidos pelo total dos itens avaliados;
- **B42:** levantamento das formações acadêmicas de todos os profissionais envolvidos com a gestão ambiental do órgão rodoviário;
- **B43:** observar se as responsabilidades, o plano de carreira, os direitos e deveres de cada função estão claros e atualizados conforme o estatuto de cada profissão;
- **B44:** verificação dos instrumentos de regulamentação das funções de cada profissional, item B43, ou na falta deste, poderá ser utilizado como resultado a média do tempo que cada profissional levou para ascensão de cargo.

Na Figura 14 são apresentados os dados compilados da fase de estruturação do PVF-C (Jurídico).

Figura 14 - Critérios de avaliação do PVF-C (Jurídico)

C1 – Legislações ambientais específicas		C2 – Burocracia na legislação (interna)		C3 – Reintegração da faixa de domínio		C4 – Estrutura jurídica	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Atendimento às legislações ambientais		Tempo de antecipação do processo de renovação do licenciamento ambiental		Existência de medidas para reintegrar a faixa de domínio		Existência de departamento jurídico por superintendência do órgão	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
Atendimento		Dias		-		-	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Atendimento a solicitação das licenças ambientais necessárias aos serviços de manutenção rodoviária.		Antecipação para levantamento, preenchimento dos dados e estudos necessários para dar entrada na renovação do licenciamento ambiental		Medidas ou procedimentos no órgão para reintegração da faixa de domínio.		Departamento voltado para questões jurídicas de desocupação da faixa de domínio, desmatamento, vandalismo, entre outros.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Sim	1	90	1	Existem	1	Existe
2	Parcial	2	60	2	Existem, mas necessitam de atualizações	2	Existe, mas o quadro de funcionários é deficitário
3	Não	3	30	3	Não existem, mas estão em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração
		4	15	4	Não existe		
		5	5				

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Convém ressaltar algumas considerações e recomendações para mensuração dos critérios de avaliação:

- **C1:** o trecho que tem a licença de operação está dispensado da concessão do licenciamento ambiental quando na realização de serviços específicos de manutenção lá descritos (DNIT, 2005a). O nível “parcial” refere-se à situação na qual há licenças, mas as mesmas se encontram vencidas;
- **C2:** rastreamento das etapas prévias à abertura do processo de renovação do licenciamento ambiental, verificando a antecipação do órgão em relação ao vencimento do licenciamento em dias corridos;
- **C3:** observar se os objetivos dos procedimentos são claros, se houve estudos a respeito do assunto, se as medidas estão de acordo com os direitos e deveres do órgão e usuários;
- **C4:** avaliar o departamento jurídico e na sua existência verificar se há acúmulo e atraso de processos.

Para o PVF-D (Materiais) os dados compilados da fase de estruturação são apresentados na Figura 15.

Figura 15 - Critérios de avaliação do PVF-D (Materiais)

D1 – Controle de uso de materiais		D2 – Destinação de resíduos sólidos		D3 – Disposição de resíduos de demolição		D4 – Disposição de resíduos de fresagem		D5 – Maquinários obsoletos	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Razão entre a quantidade de materiais utilizados sobre a prevista em projeto		Porcentagem de resíduos sólidos destinada corretamente		Porcentagem de resíduos sólidos de demolição destinada corretamente		Porcentagem de resíduos de fresagem dispostos corretamente		Idade média dos maquinários	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
-		%		%		%		Anos	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Monitorar os materiais utilizados na obra, com foco para evitar o desperdício dos mesmos.		Destinação correta dos resíduos sólidos gerados em obras novas durante a vida útil da rodovia (duplicação, readequação, acessos).		Destinação correta dos resíduos sólidos gerados nas obras de manutenção da infraestrutura já existente.		Destinação correta dos resíduos gerados no serviço de fresagem do pavimento.		Idade média dos maquinários e caminhões utilizados para a realização dos serviços de manutenção.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	0,90	1	100	1	100	1	100	1	5
2	0,95	2	85	2	85	2	85	2	10
3	1,00	3	75	3	75	3	75	3	15
4	1,05	4	50	4	50	4	50	4	20
5	1,10	5	25	5	25	5	25	5	25
D6 – Plano de manejo de material fresado		D7 – Reaproveitamento de materiais (demolição)		D8 – Reciclagem de resíduos de fresagem		D9 – Resíduos químicos		D10 – Transporte de resíduos sólidos	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de plano para controle do material fresado		Porcentagem do material reaproveitado de demolição na área rodoviária, exceto do pavimento		Porcentagem de material reciclado oriundo do pavimento		Existência de procedimento para controle dos resíduos químicos		Existência de procedimento para controle do transporte de resíduos sólidos	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
-		%		%		-		-	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Plano para controle do material fresado, fornecendo a rastreabilidade de geração até a destinação.		Reaproveitamento de resíduos de demolição originados pela manutenção, excluindo os resíduos dos pavimentos (fresagem).		Percentual de material reciclado oriundo do processo de fresagem.		Procedimento para controle e fiscalização de resíduos químicos oriundos da manutenção.		Procedimento para controle e fiscalização do transporte de resíduos sólidos na rodovia por terceiros e pelo próprio órgão.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existe	1	100	1	100	1	Existe	1	Existe
2	Não existe, mas está em elaboração	2	85	2	85	2	Não existe, mas está em elaboração	2	Não existe, mas está em elaboração
3	Não existe	3	75	3	75	3	Não existe	3	Não existe
		4	50	4	50				
		5	25	5	25				

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Diante dos critérios de avaliação apresentados na Figura 15 tornam-se necessárias algumas considerações e recomendações para sua aferição:

- **D1:** observar qual o nível de detalhamento do orçamento, pois conforme o tipo de orçamento (avaliação, estimativa, orçamento expedito, detalhado e analítico) é admissível um erro na quantidade prevista;

- **D2:** relacionado aos resíduos gerados durante obras novas. Neste critério é feita a verificação do total de resíduo gerado na obra ou previsto em projeto com a quantidade destinada corretamente, o avaliador deverá coletar as ordens de serviço ou notas fiscais que comprovem a destinação do resíduo. O nível 5 (25%) representa o pior nível, não sendo aceitos valores abaixo disto;
- **D3:** relacionado aos resíduos gerados durante a demolição de obras já existentes, sua verificação ocorre por meio da análise do total de resíduo gerado na obra de demolição ou previsto em projeto com a quantidade destinada corretamente, o avaliador deverá coletar as ordens de serviço ou notas fiscais que comprovem a destinação do resíduo. O nível 5 (25%) representa o pior nível, não sendo aceitos valores abaixo disto;
- **D4:** relacionado aos resíduos gerados pelo serviço de fresagem do pavimento. Neste critério é feita a verificação do quantitativo gerado na obra e a quantidade destinada corretamente conforme as resoluções do CONAMA 307/2002 e 348/2004. A mensuração deste indicador deverá ocorrer da mesma forma descrita no item D2. O nível 5 (25%) representa o pior nível, não sendo aceitos valores abaixo disto;
- **D5:** o objetivo deste critério é alertar sobre os riscos de maquinários obsoletos, pois estes acabam por favorecer e agravar condições de risco e acidentes, além de consumirem mais combustível e peças causando uma maior poluição ao meio ambiente quando comparado aos mais novos. A mensuração deverá ocorrer através da média das idades dos maquinários e caminhões utilizados pelo órgão.
- **D6:** o avaliador deve observar se os procedimentos adotados no plano permitem o controle do resíduo de fresagem, contendo a sua rastreabilidade, quantidade gerada, forma de transporte e armazenamento, local de aplicação, destinação final, entre outros;
- **D7:** este critério está relacionado ao reaproveitamento de resíduos de demolição originados pela manutenção, excluindo os resíduos dos pavimentos (fresagem), ou seja, resíduos de aço, concreto, madeira, etc. A mensuração ocorre da mesma forma descrita no item D2;

- **D8:** verificação do total de resíduo de fresagem gerado na obra ou previsto em projeto com a quantidade reciclada, o avaliador deverá coletar as ordens de serviço ou notas fiscais que comprovem o reaproveitamento do resíduo;
- **D9:** observar se os procedimentos adotados permitem o controle dos resíduos químicos, contendo a sua rastreabilidade, quantidade gerada, forma de acondicionamento e transporte, e a sua destinação final;
- **D10:** este critério está relacionado com a existência de procedimento para controle e fiscalização do transporte de resíduos sólidos por terceiros na rodovia e até mesmo nas obras realizadas pelo órgão. O avaliador deve observar se o responsável pelo transporte tem documentação que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, de acordo com as especificações das Normas Brasileiras: NBR 15.112/2004, NBR 15.113/2004 e NBR 15.114/2004 (ABNT, 2004a, 2004b e 2004c).

Na Figura 16 são apresentados os dados compilados da fase de estruturação do PVF-E (Meio biótico).

Figura 16 - Critérios de avaliação do PVF-E (Meio biótico)

E1 – Solos		E2 – Fauna		E3 – Vegetação	
Indicador		Indicador		Indicador	
Porcentagem da área do solo impactada pela rodovia em manutenção		Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Fauna.		Porcentagem em relação a pontuação máxima obtida pela soma aditiva dos critérios do PVE-Vegetação.	
Unidade		Unidade		Unidade	
%		%		%	
Descrição		Descrição		Descrição	
Área do solo da faixa de domínio impactada pela rodovia em manutenção (empréstimos e botaforas, degradação de áreas de canteiro de obras, trilhas e caminhos de serviço).		Situação da fauna presente no entorno da rodovia, onde são avaliadas desde a questões de monitoramento até o controle de animais mortos.		Situação da vegetação presente no entorno da rodovia, onde são avaliadas desde a questões de manejo adequado até o controle de árvores exóticas.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	0	1	100	1	100
2	5	2	75	2	75
3	10	3	50	3	50
4	15	4	25	4	25
5	20	5	0	5	0

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Segue-se algumas considerações e recomendações para aferição dos critérios de avaliação:

- **E1:** relação da área de solo impactada e/ou modificada pelas obras de manutenção e área total da faixa de domínio do trecho avaliado;
- **E2:** Porcentagem em relação à pontuação máxima obtida pela agregação aditiva dos critérios do PVE-Fauna;
- **E3:** Porcentagem em relação à pontuação máxima obtida pela agregação aditiva dos critérios do PVE-Vegetação.

Para o PVE – Fauna os dados compilados da fase de estruturação são apresentados na Figura 17.

Figura 17 - Critérios de avaliação do PVE – Fauna

E21 – Contenção/condução de animais		E22 – Controle de animais mortos		E23 – Monitoramento/preservação de espécies de animais	
Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de programa para contenção e condução de animais silvestres e domésticos		Existência de plano de monitoramento, controle e destinação de animais mortos		Existência de programa de monitoramento e preservação de espécies de animais	
Unidade		Unidade		Unidade	
-		-		-	
Descrição		Descrição		Descrição	
Medidas ou procedimentos no órgão relacionados a contenção e condução de animais silvestres e domésticos.		Medidas para monitoramento, controle e destinação correta de animais mortos.		Programa de monitoramento e preservação de espécies de animais, o qual tem por objetivo garantir o equilíbrio do ecossistema no entorno da rodovia.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existem	1	Existem	1	Existem
2	Existem, mas necessitam de ajustes	2	Existem, mas necessitam de ajustes	2	Existem, mas necessitam de ajustes
3	Não existem, mas estão em elaboração	3	Não existem, mas estão em elaboração	3	Não existem, mas estão em elaboração
4	Não existem	4	Não existem	4	Não existem

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Convém ressaltar algumas considerações e recomendações para mensuração dos critérios de avaliação:

- **E21:** o avaliador deverá observar se o programa possui um índice para monitorar os atropelamentos, identificação dos grupos faunísticos presentes no entorno da rodovia, a definição e tipos de passagem de fauna (aéreas ou subterrâneas) e o tipo de contenção adotada. Além disso, as campanhas e estudos devem ocorrer com uma determinada periodicidade. Estes itens elencados tiveram como base o estudo desenvolvido pelo DNIT (2012);
- **E22:** observar se as medidas adotadas pelo órgão possuem uma eficiência em relação ao monitoramento das mortes de animais na rodovia, e se a destinação

dos animais mortos está de acordo com o previsto na resolução CONAMA 5/1993 (aterro sanitário, autoclavação ou incineração);

- **E23:** observar se as medidas adotadas pelo órgão possuem uma eficiência em relação ao levantamento da fauna, monitoramento das espécies no entorno da rodovia. Além da existência de sinalização alertando os usuários sobre a presença de animais no trecho analisado.

Na Figura 18 estão dispostos os dados compilados da fase de estruturação do PVE – Vegetação.

Figura 18 - Critérios de avaliação do PVE – Vegetação

E31 – Árvores exóticas		E32 – Destinação de podas		E33 – Espécies adequadas		E34 – Integração de vegetação com obras civis		E35 – Manejo adequado	
Indicador		Indicador		Indicador		Indicador		Indicador	
Existência de programa de monitoramento e controle de árvores exóticas		Existência de programa de monitoramento, controle e destinação de resíduos de podas		Existência de programa de verificação e seleção de espécies de vegetação adequadas		Existência de programa de incentivo à implantação de vegetação em obras civis		Existência de programa de manejo de vegetação em geral	
Unidade		Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	
-		-		-		-		-	
Descrição		Descrição		Descrição		Descrição		Descrição	
Objetivo de diminuir os riscos com acidentes, controlar espécies de árvores no entorno da via.		Este material é considerado como bem público servível. Sua destinação correta é a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético.		Objetivo de utilizar espécies que exijam poucas frequências de poda, crescimento lento e não atrapalham a visibilidade dos usuários.		Vegetação em obras civis como sinalização viva.		O programa deve conter a identificação das espécies, localização, manutenção de árvores e arbustos, entre outros.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existe	1	Existe	1	Existe	1	Existe	1	Existe
2	Existe, mas necessita de ajustes	2	Existe, mas necessita de ajustes	2	Existe, mas necessita de ajustes	2	Existe, mas necessita de ajustes	2	Existe, mas necessita de ajustes
3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração
4	Não existe	4	Não existe	4	Não existe	4	Não existe	4	Não existe

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério E32 apresenta relação com o critério E35, pois as podas são oriundas da manutenção da vegetação. Entretanto, na base de dados original os decisores de Londrina e Maringá o elegeram como PVF, pois este critério visa à diminuição de acidentes por evitar galhos na rodovia, além da utilização correta deste resíduo, evitando o risco de acumulação de material de descarte e criação de vetores. Desta forma, os decisores desta pesquisa optaram por manter este critério.

Diante dos critérios de avaliação apresentados tornam-se necessárias algumas considerações e recomendações para sua aferição:

- **E31:** averiguar se as medidas adotadas pelo órgão se enquadram nas premissas descritas no manual de vegetação rodoviária (DNIT, 2009), que possui a definição e descrição de espécies exóticas;
- **E32:** observar que a PNRS (2010) institui que os resíduos de podas não podem ser descartados como rejeitos, considerando este material como bem público servível. Desta forma, a destinação correta deste resíduo deverá ocorrer através da reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético;
- **E33:** verificar se as medidas adotadas pelo órgão se enquadram nas espécies recomendadas em DNIT (2005a) e em DNIT (2009), onde são apresentadas as espécies adequadas de acordo com as classes da faixa de domínio (A, B e C);
- **E34:** a vegetação poderá ser utilizada como sinalização viva para complementar a sinalização vertical através de árvores e arbustos colocados de maneira a proteger e orientar os motoristas, um exemplo é a aplicação de elementos vegetais no canteiro central de rodovias de pista dupla para evitar o ofuscamento pelos faróis (DNIT, 2005a);
- **E35:** constatar se o programa abrange as recomendações do manual do DNIT (2005a) e manual do DNIT (2009), os quais disponibilizam diversas informações a respeito do manejo da vegetação.

Para o PVF-F (Segurança viária) os dados compilados da fase de estruturação são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Critérios de avaliação do PVF-F (Segurança viária)

F1 – Árvores no entorno		F2 – Monitoramento de acessos	
Indicador		Indicador	
Existência de programa de monitoramento e ações corretivas relacionadas a influência das árvores do entorno na segurança viária		Existência de programa de monitoramento de acessos irregulares na rodovia	
Unidade		Unidade	
-		-	
Descrição		Descrição	
Objetivo de manter a visibilidade e a faixa de domínio livre de obstáculos para a segurança dos usuários.		Objetivo de evitar a existência deste tipo de acesso devido a sua potencialidade de causar acidentes, visto que o mesmo se encontra fora das normas.	
Níveis de desempenho		Níveis de desempenho	
1	Existe	1	Existe
2	Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2	Existe, mas necessita de atualizações/ajustes
3	Não existe, mas está em elaboração	3	Não existe, mas está em elaboração
4	Não existe	4	Não existe

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Convém ressaltar algumas considerações e recomendações para aferição dos critérios apresentados:

- **F1:** o programa deve abranger as recomendações do manual de vegetação rodoviária (DNIT, 2009), onde a faixa de domínio é dividida em subáreas (A, B e C) e para cada uma é descrito o tipo de vegetação a ser adotado;
- **F2:** o programa desenvolvido deve abordar as recomendações do manual de acesso de propriedades marginais e rodovias federais (DNIT, 2006a), a apresentação de projetos técnicos detalhados, incluindo o volume de tráfego e justificativa para criação do acesso.

Na Figura 20 estão apresentados os dados compilados da fase de estruturação do PVF-G (Socioambiental).

Figura 20 - Critérios de avaliação do PVF-G (Socioambiental)

G1 – Depredação indireta	G2 – Educação ambiental	G3 – Prevenção de incêndios	G4 – Integração com os lindeiros	G5 – Vandalismo	G6 – Ocupações irregulares
Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador	Indicador
Existência de campanhas sobre o efeito da depredação rodoviária	Existência de programas de educação ambiental	Existência de campanhas para prevenção e combate a incêndios ambientais	Existência de sistemas de atendimento aos lindeiros	Existência de programas contra o vandalismo nas rodovias	Existência de ocupações irregulares da faixa de domínio
Unidade	Unidade	Unidade	Unidade	Unidade	Unidade
-	-	-	-	-	-
Descrição	Descrição	Descrição	Descrição	Descrição	Descrição
Campanhas sobre a depredação rodoviária junto aos lindeiros, em relação aos danos gerais causados pelo tráfego de maquinários agrícolas na faixa de domínio e plataforma.	Tem o objetivo de conscientizar os usuários a respeito da conservação do meio ambiente.	Campanhas para prevenção e combate a incêndios ambientais com objetivo de conscientizar os usuários a respeito dos riscos e danos ambientais.	Sistemas de atendimento aos lindeiros através de canais de comunicação e interação.	Relacionado com a existência de programa contra o vandalismo nas rodovias.	Relacionado com a existência de ocupações irregulares da faixa de domínio.
Níveis de desempenho	Níveis de desempenho	Níveis de desempenho	Níveis de desempenho	Níveis de desempenho	Níveis de desempenho
1 | Existe	1 | Existe	1 | Existe	1 | Existe	1 | Existe	1 | Não existe
2 | Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2 | Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2 | Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2 | Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2 | Existe, mas necessita de atualizações/ajustes	2 | Existem, mas estão em processo de desocupação
3 | Não existe, mas está em elaboração	3 | Não existe, mas está em elaboração	3 | Não existe, mas está em elaboração	3 | Não existe, mas está em elaboração	3 | Não existe, mas está em elaboração	3 | Existem
4 | Não existe	4 | Não existe	4 | Não existe	4 | Não existe	4 | Não existe	

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Segue-se algumas considerações e recomendações para aferição dos critérios de avaliação:

- **G1:** observar se as campanhas visam alertar os lindeiros a respeito da depredação indireta causada pelo tráfego de maquinários agrícolas na faixa de domínio e plataforma, abordando a questão de deterioração do pavimento em função do excesso de peso, danificação dos equipamentos de drenagem quando na travessia da faixa de domínio para a rodovia, entre outros;
- **G2:** verificar se os programas desenvolvidos contêm campanhas de conscientização ambiental sobre não jogar lixo na rodovia, boas práticas para conservação do meio ambiente, materiais educativos direcionados a usuários, moradores e crianças, entre outras medidas;
- **G3:** analisar se as campanhas abrangem usuários e moradores, além de abordarem os seguintes itens: questões de conscientização da população sobre os danos das queimadas para a saúde, meio ambiente e economia;

busca pela diminuição dos focos de incêndios; riscos de acidentes de trânsito nos incêndios à beira das rodovias; alerta aos usuários em caso de fumaça;

- **G4:** o sistema de atendimento aos lindeiros deve fornecer uma visão clara da hierarquia dos funcionários no órgão rodoviário, descrição dos procedimentos administrativos para reclamação e diversidade de canais para atendimento. Além disso, o sistema deve conter as diretrizes básicas descritas no estudo de programas de comunicação social nos empreendimentos de infraestrutura rodoviária (DNIT, 2013), também pode ser usado como complemento o manual de gestão ambiental elaborado pelo Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia (DERBA, 2006);
- **G5:** verificar se o programa contém campanhas de conscientização contra o vandalismo e informações sobre as consequências e custos deste tipo de ação em placas de sinalização, por exemplo. Ademais, o programa deve contar com um canal 24 horas para denúncia de ações de vandalismo;
- **G6:** observar se há a ocupação irregular da faixa de domínio para moradias e plantio, por exemplo, e se o órgão rodoviário fiscaliza, notifica e toma medidas cabíveis para desocupação.

Após a definição dos níveis de desempenho dos critérios de avaliação de cada PVF, bem como a descrição de algumas considerações e recomendações de cada um, procedeu-se com o mesmo procedimento para a definição dos níveis de desempenho dos PVFs, destacando os níveis de referências neutro e bom.

De forma geral, os níveis de desempenho são os mesmos para cada PVF, pois os decisores concluíram que para a avaliação posterior entre eles é desejável que eles possuam os mesmos níveis de desempenho e Função de Valor MACBETH (FVM) (Quadro 32).

Quadro 32 - Níveis de desempenho dos PVFs

Indicador	
Porcentagem em relação à pontuação máxima obtida pela agregação aditiva dos critérios de determinado PVF	
Unidade	
%	
Níveis de desempenho	
1	100
2	75
3	50
4	25
5	0

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Com a operacionalização dos critérios de avaliação, através dos ajustes realizados, é possível realizar a avaliação destes critérios, PVFs e PVEs para estruturar e caracterizar o IDA-MR.

6.2 FASE DE AVALIAÇÃO

Neste item serão apresentados os resultados relativos aos julgamentos semântico dos critérios de avaliação, PVEs e PVFs definitivos e apresentados nos itens anteriores, bem como a FVM e peso destes itens na composição do IDA-MR.

A FVM é a tradução da matriz de julgamento semântico em uma escala numérica que correlaciona cada nível de desempenho (N) com o seu respectivo valor nesta escala. Os níveis de referência nesta pesquisa estão ancorados em 0 e 100, por exemplo. Com base nos níveis de referência, 0 e 100, os decisores buscaram manter uma proporção da FVM entre os níveis dos critérios de avaliação, PVFs e PVEs, para que os níveis intermediários apresentem uma proporção se comparados com os níveis de referência e extremos.

De maneira geral, os maiores pesos dos critérios de avaliação e PVFs do IDA-MR correspondem aos itens priorizados pelos decisores no momento do julgamento, pois eles julgaram como mais atrativo aqueles itens voltados para situações que causam impacto diretamente no meio ambiente, riscos aos usuários ou pela abrangência de determinado critério/PVF, em que seu atendimento já minimiza ou evita a ocorrência de outros impactos ambientais.

6.2.1 Função de Valor MACBETH

Nesta etapa foi realizado o julgamento de atratividade entre cada nível dos critérios de avaliação (Inter critério), entre os critérios e entre os PVFs.

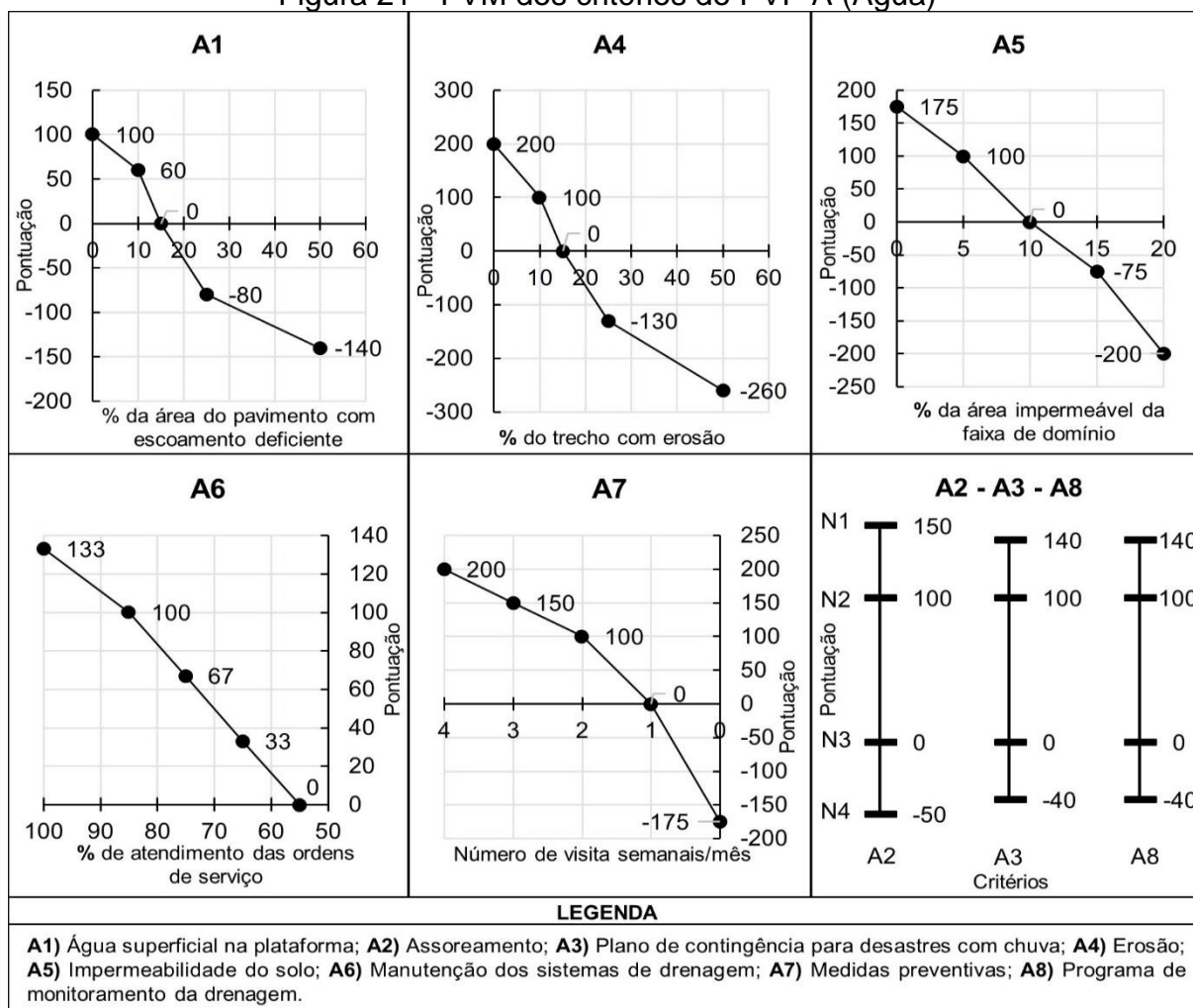
Em relação ao procedimento experimental no software, houve a necessidade de segmentar a matriz de indicadores do IDA-MR por PVFs para realizar o julgamento de atratividade, pois o programa é limitado a apenas uma sequência de critérios, ou seja, um grupo de critério de determinado PVF por vez. Ademais, para obter a agregação dos critérios, com diferentes amplitudes de escala de avaliação aos seus respectivos PVFs, foi preciso normalizar seus resultados. Desta maneira, a

operacionalização do IDA-MR se torna manual não sendo possível agrupar todos os dados em uma única árvore de julgamento e simular os resultados no software. Entretanto, este problema poderá ser contornado com a automatização dos critérios em planilhas para agrupar todos os critérios, PVFs e PVEs.

Desta maneira, devido ao grande número de critérios avaliados e o correspondente volume de matrizes e dados a serem apresentados optou-se por apresentar a FVM dos itens avaliados por meio de gráficos. Em alguns momentos a escala MACBETH sofreu ajustes, de acordo com o intervalo de variação informado para cada caso pelo programa. Em geral, os ajustes foram feitos apenas para manter a proporcionalidade entre os níveis de desempenho ou simplificar a escala para números inteiros, facilitando a interpretação de resultados e obtenção de níveis intermediários. Logo, os resultados apresentados a seguir referem-se à FVM definitiva.

Na Figura 21 são apresentadas a FVM de cada critério do PVF-A (Água).

Figura 21 - FVM dos critérios do PVF-A (Água)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A FVM do critério A1 no N2 tem 60 pontos quando há diminuição do escoamento deficiente de água na plataforma de 15 para 10%. Já o N4 tem um decréscimo de 80 pontos quando há um aumento de 15 para 25% do escoamento deficiente. No caso em que há 50% de escoamento deficiente obtêm-se o valor o mínimo de -140 pontos.

A FVM do critério A2 apresenta em seus extremos a variação de 50 pontos, onde no caso em que não há o plano de assoreamento o valor é de -50 pontos e para os casos em que existe o plano e não há necessidade de melhorias o critério fica com 150 pontos, acima do nível satisfatório e, conseqüentemente, acaba por incentivar o gestor a buscar este nível por meio da aplicação e atualização periódica do plano.

Já a FVM dos critérios A3 e A8 são iguais, onde os extremos tem a proporção de 40 pontos em relação aos níveis de referência. Para o caso de existência e sem necessidade de melhorias do plano, o critério fica com 140 pontos e para o caso de não existir fica com -40 pontos. Logo, a diferença de pontos entre os extremos também serve de incentivo para o gestor buscar o atendimento completo ao critério.

O critério A4 tem sua FVM representada pela situação tolerável de erosão em 10%, equivalendo a 100 pontos. Nos casos sem nenhuma erosão (0%) a pontuação atribuída é de 200 pontos. Por outro lado, 25% de erosão é considerado uma situação prejudicial ficando com -130 pontos e casos com 50% de erosão fica caracterizado como uma situação crítica com -260 pontos.

O critério A5 considera como situação ideal uma impermeabilização do solo de até 5% da faixa de domínio (100 pontos). Valores menores que isso ficam com 175 pontos. A situação limite aceitável é de 10% (0 pontos). Nas situações com 15% (-75 pontos) já é considerada como crítica, pois irá contribuir para o aumento da vazão de pico. A impermeabilidade do solo a 20% (-200 pontos) torna-se uma situação prejudicial, pois irá aumentar ainda mais a vazão de pico.

A FVM do critério A6 apresenta uma simetria entre os níveis de desempenho com intervalos de 33 pontos e não apresenta níveis negativos.

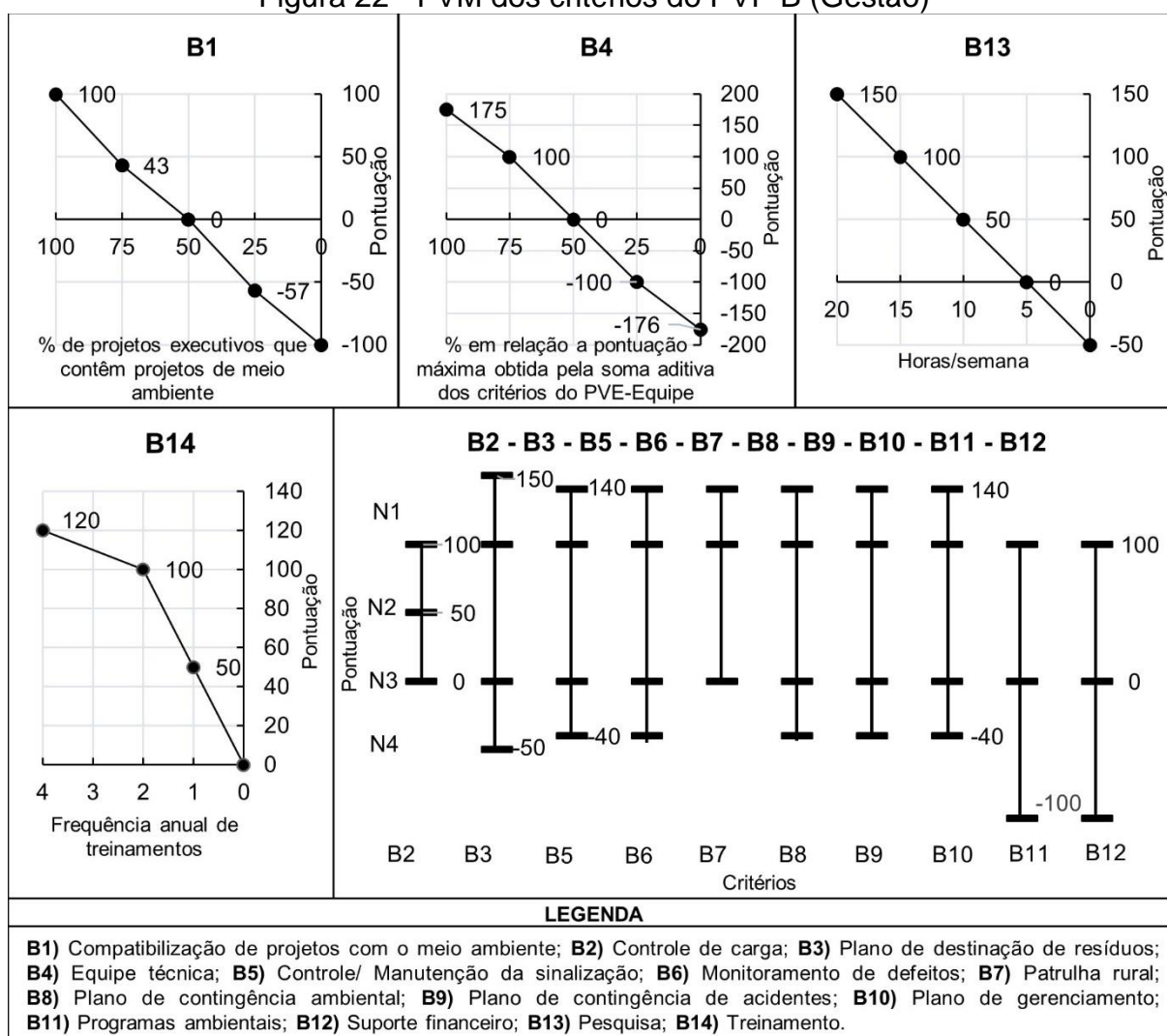
Para a FVM do critério A7 é observada a simetria entre os N1, N2 e N3 com valores variando em 50 pontos, pois os decisores julgaram que a partir de 2 visitas mensais os possíveis impactos ambientais já foram mapeados e as demais visitas vão servir para verificar se o problema foi resolvido ou não. Entretanto, no caso de

nenhuma visita aos sistemas de drenagem, N5 (-175 pontos), haverá maiores danos ambientais e custos de manutenção.

De forma geral, a FVM dos critérios A1 e A4 apresentam níveis intermediários mais próximos entre si, enquanto que os extremos são mais afastados, gerando uma FVM desproporcional entre os níveis. Entretanto, os demais critérios possuem uma FVM com valores proporcionais entre os níveis.

A FVM dos critérios do PVF-B (Gestão) encontra-se na Figura 22.

Figura 22 - FVM dos critérios do PVF-B (Gestão)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Para a FVM do critério B1 os decisores julgaram que para passar do nível neutro para o N2 (43 pontos) é considerado um impacto moderado-forte, pois há um aumento de 25% da compatibilização de projetos com o meio ambiente, próximo da metade da situação ideal N1 (100 pontos). Já para os casos com 25% de

compatibilização ficam com -57 pontos, apresentando um impacto negativo maior. Para os casos sem nenhuma compatibilização o critério fica com -100 pontos, o inverso da situação ideal.

O critério B2 apresenta uma FVM com o N2 de 50 pontos representando que mesmo existindo uma balança de funcionamento parcial o seu impacto seria a metade se ela funcionasse de maneira contínua.

O critério B3 possui uma FVM em que a existência do plano de gerenciamento de resíduos da manutenção sem a necessidade de correções implica no incremento de 50 pontos em relação ao nível bom (100 pontos). Já o limite inferior implica no decréscimo de 50 pontos, quando não há plano algum de gerenciamento de resíduos da manutenção.

Para o critério B4 os decisores avaliaram que N2 (75%) de atendimento do PVE-Equipe já é satisfatório (100 pontos). No entanto, o atendimento de 25% representa uma situação delicada, tendo uma pontuação -100 pontos. Já valores acima da situação ideal podem atingir 175 pontos e situações com o não atendimento pleno dos critérios do PVE-Equipe pode chegar a -176 pontos.

Os critérios B5, B6, B8, B9 e B10 possuem os mesmos níveis de desempenho relacionados com a existência ou não de determinado plano, medida ou programa. Desta forma, os decisores avaliaram que a adoção de uma única FVM é suficiente para representar os níveis destes critérios. Logo, para os casos em que não existam os planos haverá um impacto de -40 pontos. Já a situação em que não há necessidade de ajustes tem-se 140 pontos, ou seja, um incremento de 40 pontos em relação ao nível bom (100 pontos). Portanto, os extremos (N1 e N4) ficam com um incremento de 40 pontos em relação ao nível anterior.

Para o N1 do critério B7 os decisores julgaram em 140 pontos a existência do programa de patrulha rural, ou seja, um incremento de 40 pontos em relação ao nível bom. A mesma proporção dos critérios citados anteriormente foi mantida.

Já para os critérios B11 e B12 os decisores buscaram manter a proporção entre níveis, por isso o N3 ficou relacionado à -100 pontos, mantendo a simetria da FVM.

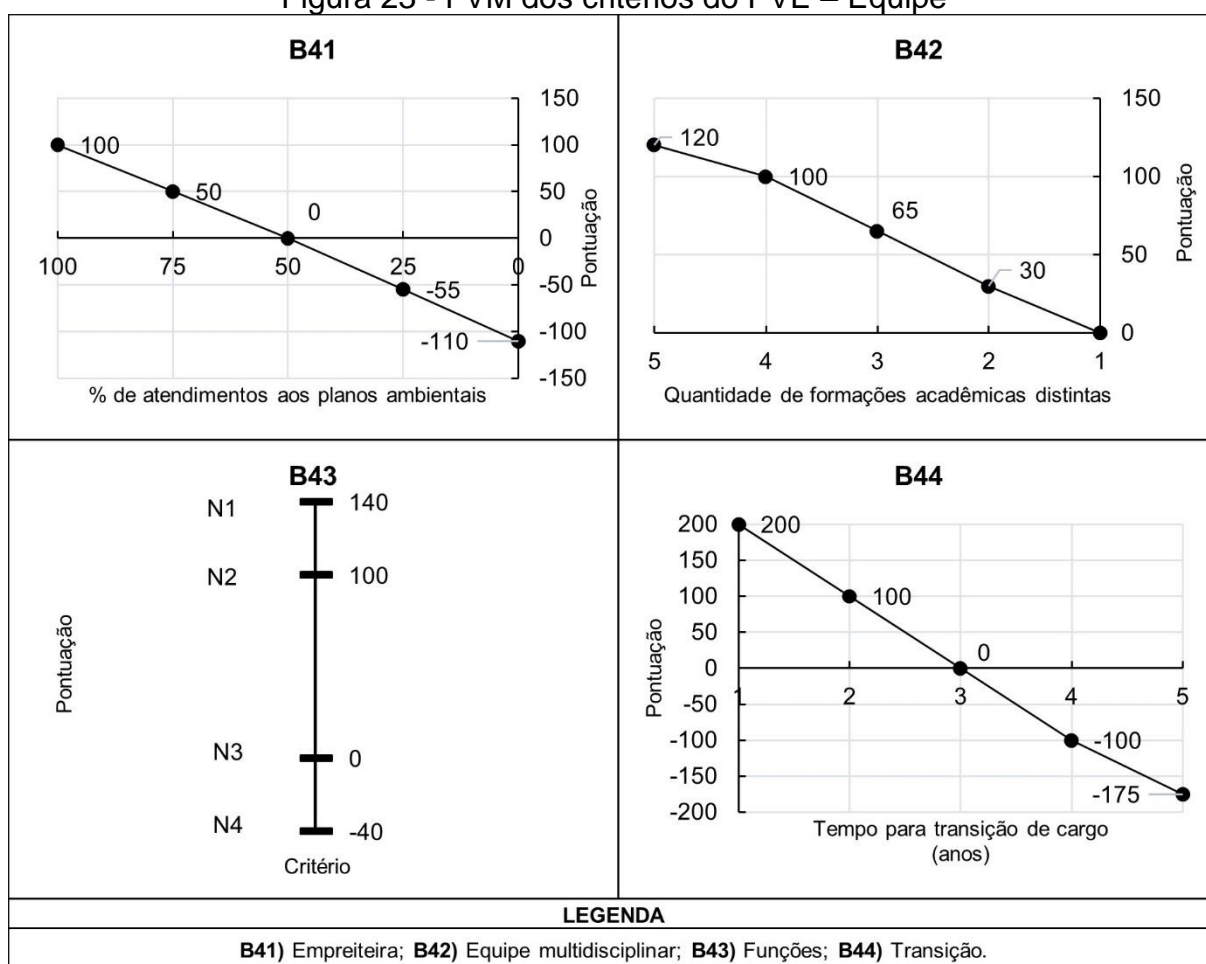
A FVM do critério B13 é linear variando em 50 pontos entre cada nível de desempenho. Os decisores julgaram que o aumento da quantidade de horas/semana apresenta um acréscimo linear, e o aumento do N2 para N1 representa o mesmo impacto entre os níveis restantes.

Os decisores avaliaram que no critério B14 a mudança do N2 para N1, ou seja, de 2 para 4 treinamentos anuais, representa um impacto fraco-moderado de 20 pontos. Já a mudança do N4 para N3 e do N3 para N2 representa um impacto maior de 50 pontos entre cada nível.

No geral, a FVM de todos os critérios possui proporcionalidade entre os níveis, resultando próximo a uma reta entre os níveis. A exceção ocorre no critério B14 que apresenta uma reta com distorção no N1, pois houve o incremento de 20 pontos em relação ao nível bom, não se enquadrando na proporção dos 50 pontos.

A FVM dos critérios do PVE – Equipe está apresentada na Figura 23.

Figura 23 - FVM dos critérios do PVE – Equipe



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A FVM do critério B41 apresenta para níveis melhores que o neutro um impacto de 50 pontos. No entanto, para níveis abaixo dele há um impacto de -55 pontos para cada nível.

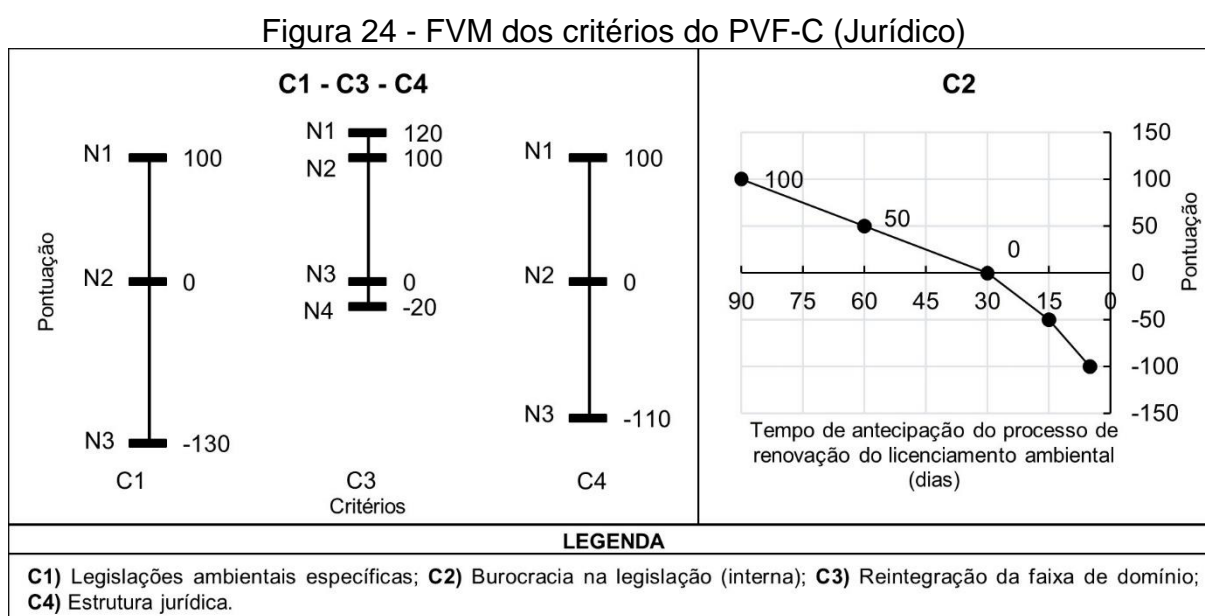
Já a FVM do critério B42 considera que a mudança da situação de apenas 1 profissional de determinada área para 4 profissionais de diferentes áreas configura um incremento de 100 pontos, mas para o caso com até 5 profissionais diferentes não há tanto impacto, já que os decisores concluíram, ao consultar a base de dados originais, que 4 profissionais (geógrafo ou biólogo e os engenheiros civil, ambiental e florestal) representam a situação ideal.

A FVM do critério B43 tem os seus extremos variando em 40 pontos em relação aos níveis anteriores, seguindo a FVM de outros critérios com níveis semelhantes.

Para o critério B44 a FVM representa que o N1 seria uma situação inusitada, difícil de acontecer, pois com 1 ano é muito improvável que se tenha uma transição de cargo, justificando o valor de 200 pontos. Para o caso de 2 anos há uma maior frequência e neste tempo o profissional já aprendeu todas as funções inerentes ao cargo e há tempo para repassar as funções para outro profissional. Acima de 3 anos os profissionais ficam desmotivados e estagnados naquela posição, por isto de uma pontuação alta negativa (-175 pontos).

Em geral, a FVM de todos os critérios apresenta simetria entre os níveis, com apenas alguns desvios na pontuação, como é o caso do critério B42 e B44.

Na Figura 24 é apresentada a FVM dos critérios do PVF-C (Jurídico).



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Observa-se que a FVM dos critérios C1 e C4 possui um grande impacto negativo quando o nível está abaixo do neutro com valores de -130 e -110,

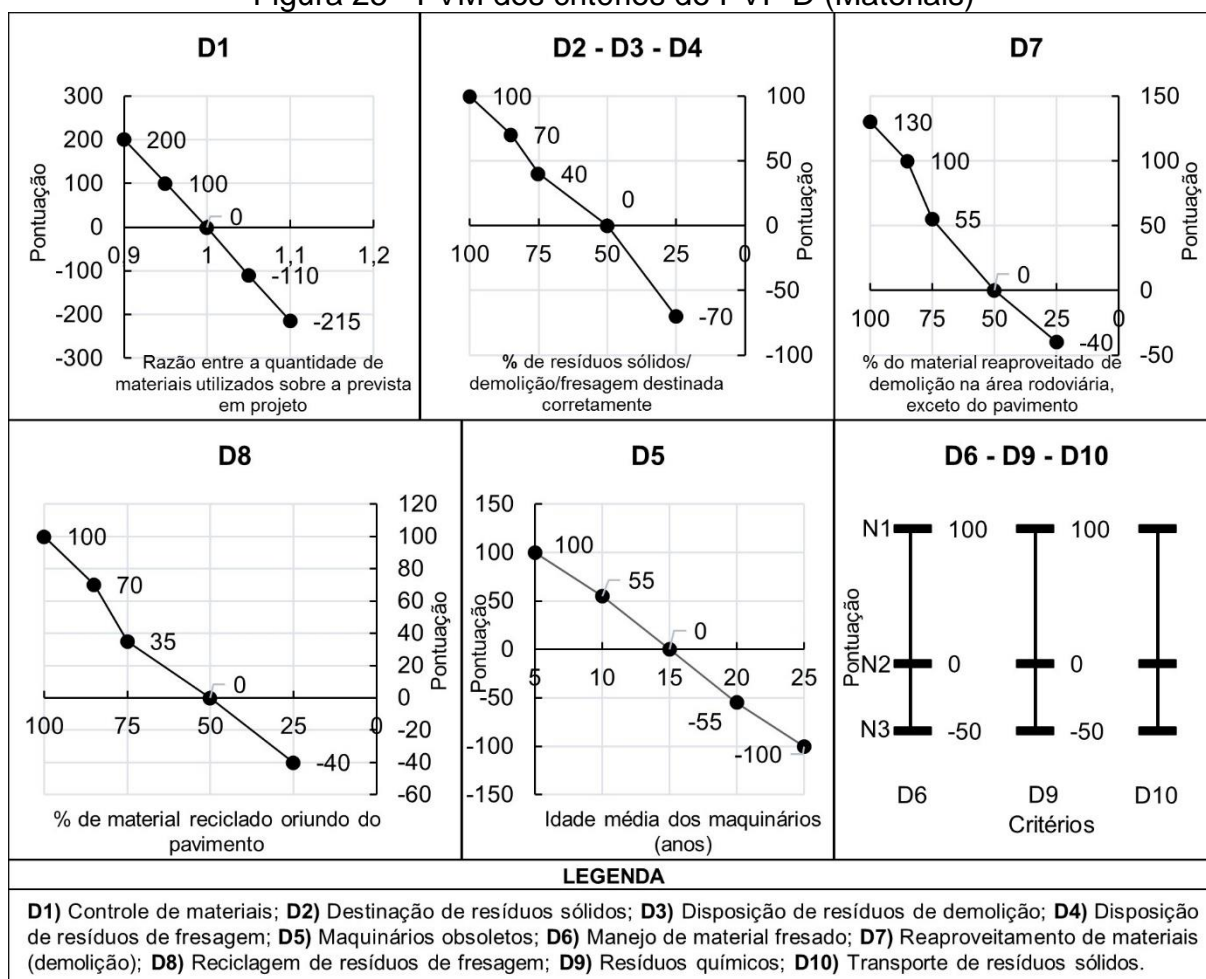
respectivamente. Já a FVM do critério C3 apresenta um impacto maior quando nos níveis abaixo do neutro e acima do bom, N4 e N1, deixando uma pequena faixa de variação de 20 pontos.

O critério C2 apresenta uma FVM que mantém a simetria de 50 pontos entre os níveis. Os decisores avaliaram que na alteração de 30 para 90 dias há um incremento de 100 pontos, para situações menores que 30 dias podem chegar a 100 pontos negativos, que representa o total descaso com a antecipação das licenças ambientais.

Desta forma, há simetria entre os níveis da FVM dos critérios, com apenas alguma variação entre os níveis, como é o caso do critério C2 que apresenta um decaimento concentrado da pontuação abaixo do nível neutro.

A FVM dos critérios do PVF-D (Materiais) está apresentada na Figura 25.

Figura 25 - FVM dos critérios do PVF-D (Materiais)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério D1 apresenta FVM em que os níveis acima do neutro têm um incremento de 100 pontos e os níveis abaixo tem impacto de -110 pontos.

Já os critérios D2, D3 e D4 possuem uma linearidade entre o N1 (100 pontos) e N4 (0 pontos), com um crescimento da pontuação até o nível bom. Contudo, entre o N4 e N5 tem um impacto de -70 pontos devido a pouca reutilização ou reciclagem de materiais.

Para o critério D5 foi adotada uma FVM com simetria entre os níveis, com os extremos de 100 pontos (bom) e -100 pontos (N5), os níveis intermediários com 55 pontos e o nível neutro ancorado em 0 pontos.

O critério D7 apresenta uma FVM em que o N2 (100 pontos) representa a situação ideal para reaproveitamento de resíduos de demolição e valores acima disto causam poucos impactos, o mesmo acontece para valores abaixo do nível neutro (0 pontos).

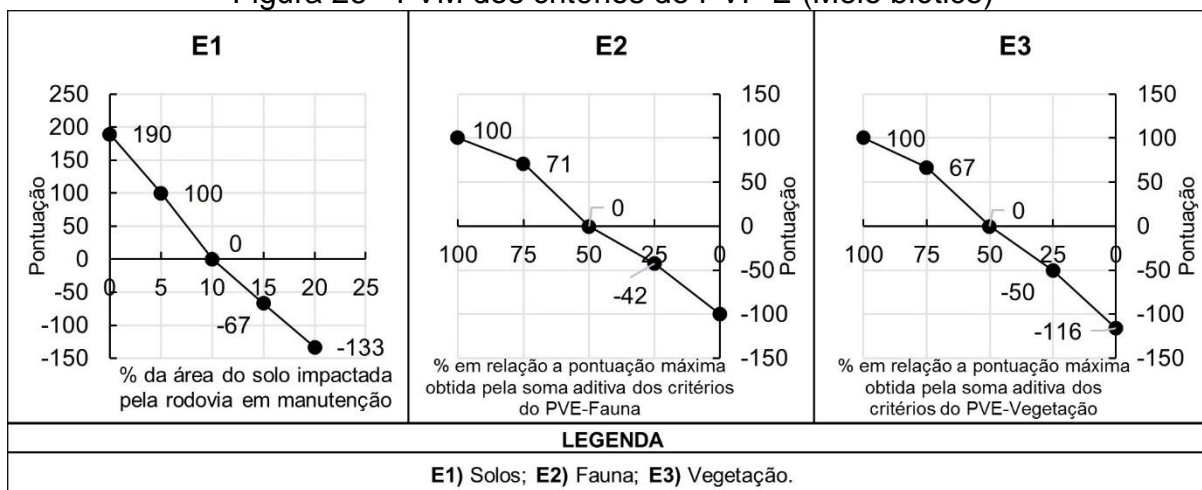
Para o caso do critério D8 há a linearidade do N1 (100 pontos) a N4 (0 pontos), mantendo a proporção entre eles, mas o N5 tem um impacto negativo de 40 pontos.

No caso dos critérios D6, D9 e D10 apresentam uma FVM com os níveis de referência, 100 e 0, com um nível inferior com -50 pontos, mantendo certa proporção entre os outros níveis. Os critérios D2, D3, D4, D7 e D8 possuem FVM com a concentração da pontuação dos níveis intermediários, apresentando a distorção da reta nestes pontos. Entretanto, os demais critérios apresentam FVM com simetria entre os níveis de desempenho.

De maneira geral, os critérios D1, D6, D9 e D10 apresentam simetria entre os níveis, enquanto os demais critérios possuem uma FVM com níveis intermediário desproporcionais, apresentando níveis com pontuações mais próximas uns dos outros.

Na Figura 26 é apresentada a FVM dos critérios do PVF-E (Meio biótico).

Figura 26 - FVM dos critérios do PVF-E (Meio biótico)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

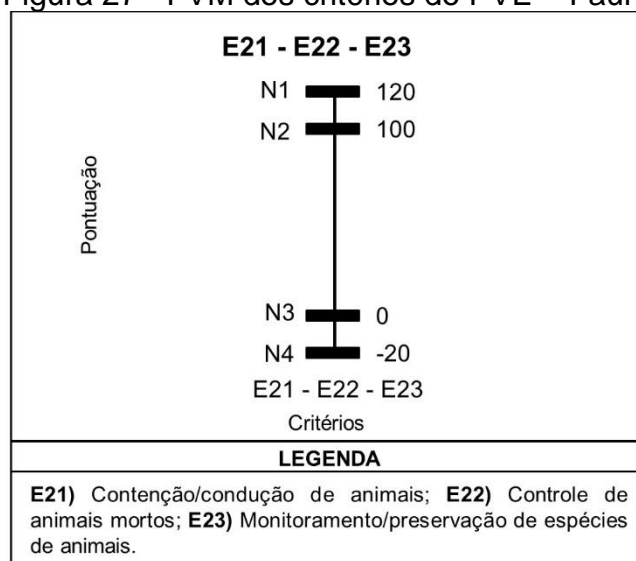
A FVM do critério E1 mantém certa proporção entre os níveis de desempenho, acima do nível bom o impacto é de 90 pontos e abaixo do nível neutro é de -67 pontos, já o N5 fica com -133 pontos.

O critério E2 apresenta um incremento de 71 pontos do N3 para o N2, incentivando o atendimento de pelo menos 75% da pontuação máxima dos PVEs. O mesmo pode se aplicar ao critério E3.

Em geral, a FVM destes critérios apresenta a quebra da simetria nos níveis intermediários, onde há a concentração da pontuação.

A FVM dos critérios do PVE – Fauna está apresentada na Figura 27.

Figura 27 - FVM dos critérios do PVE – Fauna

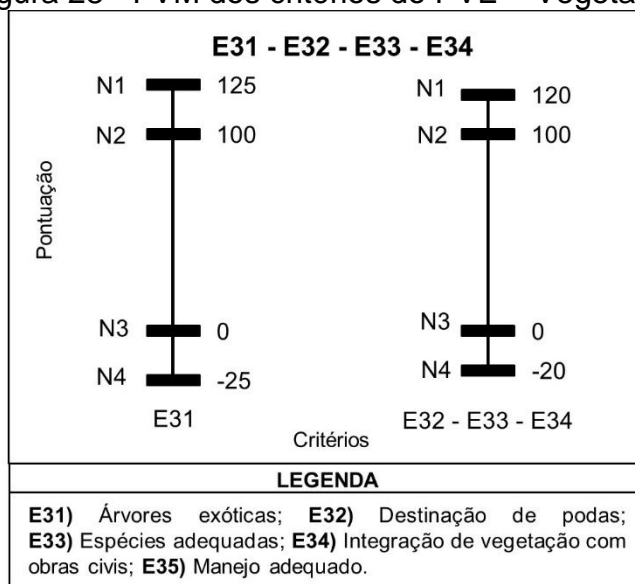


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Os níveis de desempenho dos critérios deste PVE são iguais, ou seja, avaliam a existência ou não de planos e programas. Os decisores julgaram que estes devem ter a mesma FVM, mantendo assim a proporção e igualdade entre os níveis de desempenho. Logo, o pior nível (N4) corresponde a -20 pontos, já o nível neutro (N3) tem uma pontuação de 0, o nível bom (N2) com 100 pontos e o nível acima do bom (N1) com 120 pontos. A pontuação N1 e N4 mantém a proporcionalidade em relação aos níveis anteriores, com 20 pontos.

Na Figura 28 é apresentada a FVM dos critérios do PVE – Vegetação.

Figura 28 - FVM dos critérios do PVE – Vegetação

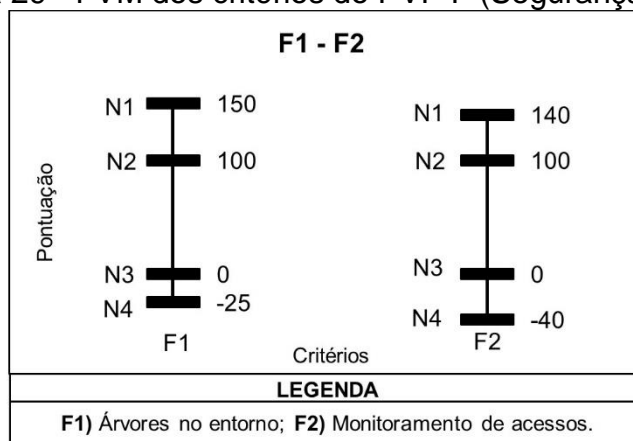


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Os decisores julgaram que, apesar dos níveis de desempenho do critério E31 serem iguais aos demais, a diferença de atratividade entre os N1 e N2 com o N3 é de maior impacto, com isto a FVM ficou compreendida entre -25 (N4), 0 (N3), 100 (N2) e 125 (N1). Já os demais critérios (E32, E33 e E34) mantêm a simetria dos extremos em 20 pontos.

A FVM dos critérios do PVF-F (Segurança viária) está apresentada na Figura 29.

Figura 29 - FVM dos critérios do PVF-F (Segurança viária)



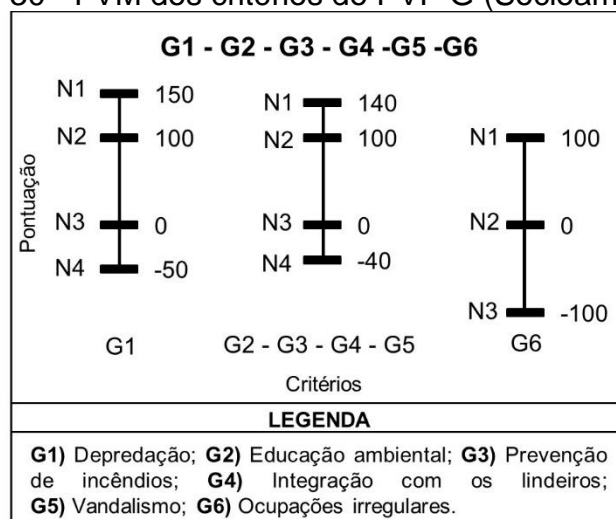
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Os critérios F1 e F2 possuem o mesmo nível de desempenho. Contudo, os decisores julgaram que a atratividade entre os N1 (150 pontos) e N2 (100 pontos) com o N3 (0 pontos) é maior que a do critério F2. Além disso, a atratividade entre o N3 (0 pontos) e N4 (-25 pontos) é menor no critério F2. Com isto a FVM para o critério F1 ficou com o N4 de -25 pontos e N1 com 150 pontos.

Já o critério F2 tem a FVM com o N4 de -40 e o N1 com 140 pontos, mantendo assim a simetria entre os extremos de 40 pontos.

A FVM dos critérios do PVF-G (Socioambiental) está apresentada na Figura 30.

Figura 30 - FVM dos critérios do PVF-G (Socioambiental)



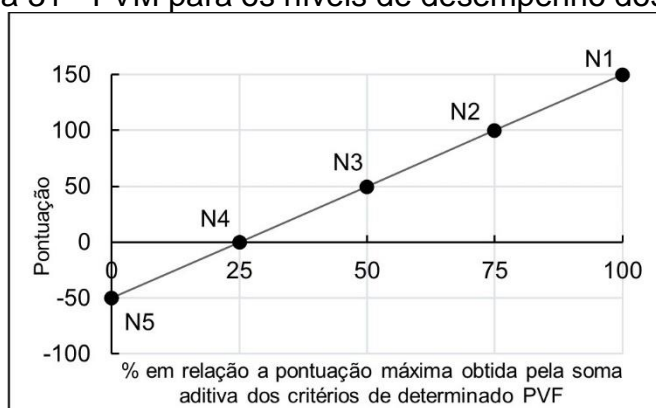
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Os critérios G1 a G5 apresenta os mesmos níveis de desempenho, mas na obtenção da FVM os decisores julgaram que a atratividade entre N2 (100 pontos) e N3 (0 pontos) do critério G1 é maior do que a dos níveis dos demais critérios. Desta

forma, os extremos ficaram com 50 pontos em relação ao nível neutro e bom. Já os critérios G2, G3, G4 e G5 ficaram com a pontuação dos extremos (N1 e N4) com 40 pontos. O N3 do critério G6 ficou com -100 pontos, mantendo a simetria entre os níveis.

Em relação aos PVFs, os níveis de desempenho são baseados na pontuação máxima obtida pela agregação aditiva dos critérios de avaliação do PVF. De maneira a manter uma escala comum a todos PVFs, os decisores avaliaram que os níveis de desempenho e a FVM de cada PVF devem ser iguais. A Figura 31 apresenta a FVM comum a todos os PVFs.

Figura 31 - FVM para os níveis de desempenho dos PVFs



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

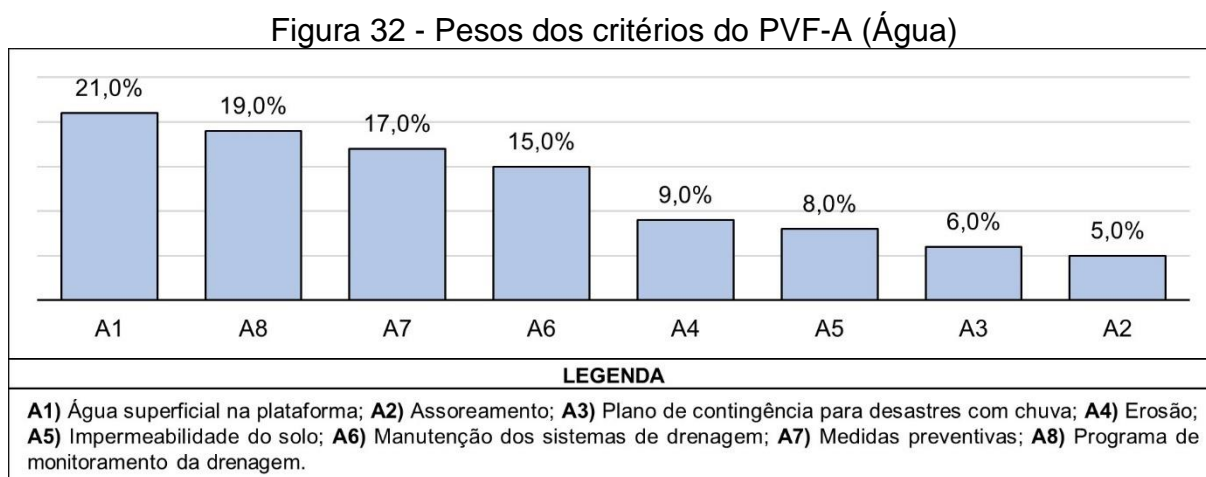
De acordo com a FVM observa-se que se buscou a proporção entre os níveis de desempenho, variando de 50 pontos para cada nível. Todos os PVFs vão utilizar esta FVM. Para a pior situação o PVF ficará com uma pontuação de -50 pontos, para um desempenho neutro a pontuação será de 0 pontos, o desempenho intermediário entre neutro e bom fica com 50 pontos, o desempenho bom com 100 pontos e acima deste nível fica com 150 pontos. Para níveis de desempenho intermediários a pontuação pode ser encontrada através da regressão linear. Logo o IDA-MR terá seu resultado compreendido entre -50 a 150 pontos.

6.2.2 Peso entre critérios e PVFs

Neste tópico é apresentado o resultado do julgamento semântico entre critérios e entre PVFs. Desta maneira, devido ao grande número de critérios e PVFs avaliados

e o correspondente volume de matrizes e dados a serem apresentados, optou-se por apresentar os pesos por meio de gráficos de barras.

Na Figura 32 estão apresentados os pesos adotados para os critérios do PVF-A (Água).

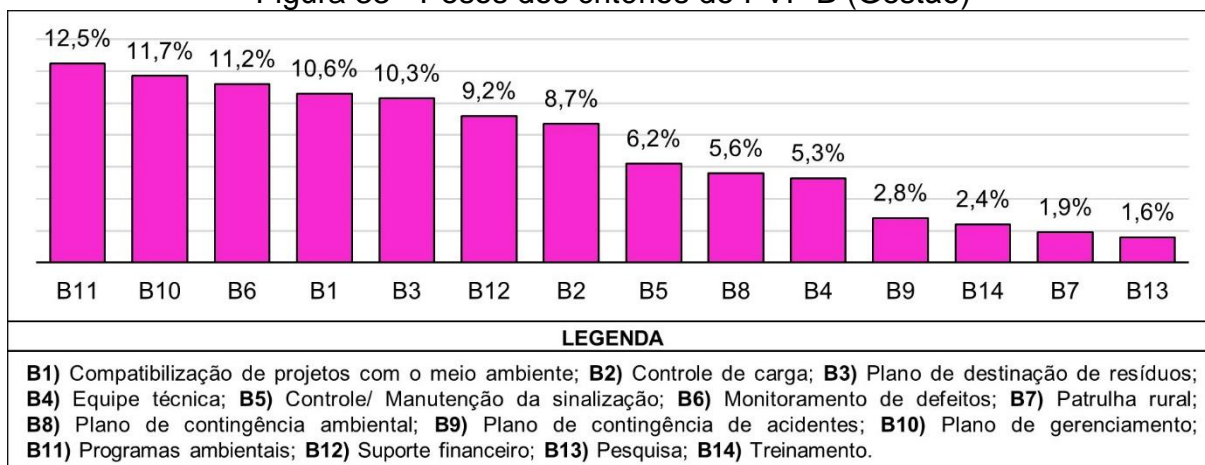


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Pode-se observar que os critérios A1, A8 e A7 ficaram com pesos próximos, pois os decisores julgaram que estes critérios devem possuir um grande impacto quando na avaliação ambiental, já que visam à diminuição de risco de acidentes (A1) e aumentam a frequência de monitoramento e controle de problemas relacionados à drenagem (A8 e A7). No caso do critério A6 os decisores consideraram que este gera algum impacto na avaliação ambiental, mas com menor frequência e indiretamente quando comparado aos anteriores. No caso dos demais critérios (A4, A5, A3 e A2) os decisores ponderaram que o impacto ambiental abordado por estes critérios tem um grau de significância menor do que os demais, justificando uma contribuição menor no resultado final.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-B (Gestão) estão apresentados na Figura 33.

Figura 33 - Pesos dos critérios do PVF-B (Gestão)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

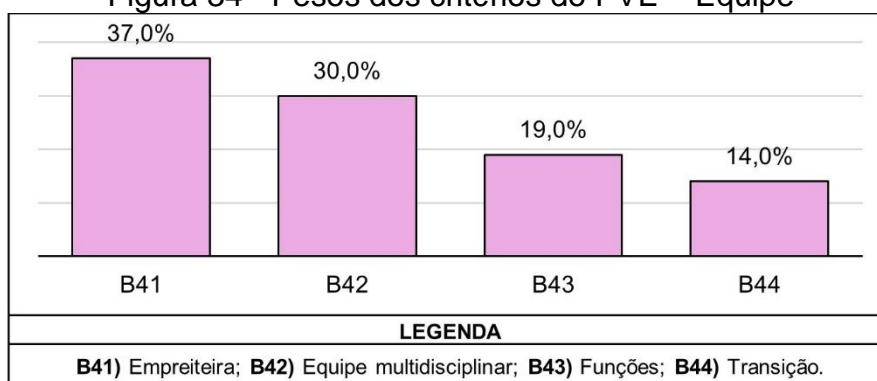
Nestes critérios os decisores não puderam trabalhar com números inteiros. Para que isto fosse feito seria necessário alterar a matriz de julgamento.

Os pesos dos critérios B11 (12,5%), B10 (11,7%) e B6 (11,2%) concentram 35,4% do peso total, mostrando-se como prioritários. Isto ocorreu porque os decisores avaliaram que estes critérios evitam os impactos ambientais em curto prazo. Já os pesos dos critérios B1 (10,6%), B3 (10,3%), B12 (9,2%) e B2 (8,7%) concentram a parcela de 38,8% do peso total, pois foi avaliado que estes critérios geram uma diminuição dos impactos ambientais em longo prazo.

Em relação aos pesos dos critérios B5 (6,2%), B8 (5,6%) e B4 (5,3%) tem-se 17,4% do peso total, onde os decisores consideraram que a ação destes critérios tem resultados em longo prazo. Já os 8,7% dos pesos restantes estão distribuídos entre os critérios B9 (2,8%), B14 (2,4%), B7 (1,9%) e B13 (1,6%), tendo em vista que os decisores avaliaram que as ações destes critérios vão surtir efeito por meio da conscientização e prevenção, com a diminuição dos impactos ambientais com o passar do tempo.

Os pesos adotados para os critérios do PVE – Equipe estão apresentados na Figura 34.

Figura 34 - Pesos dos critérios do PVE – Equipe

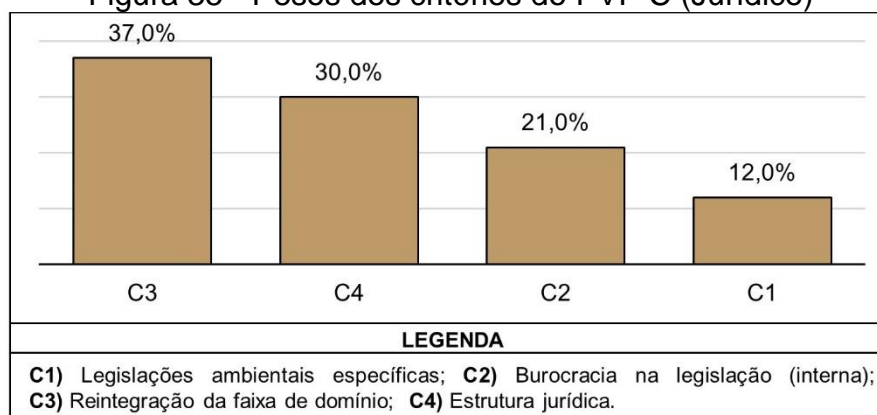


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Com base nos pesos os decisores priorizaram o critério B41 (37%) como o mais importante porque as ações dos empreiteiros causam impactos ambientais diretos e com alta frequência. Em segundo lugar ficou o critério B42 (30%) porque tem como objetivo incentivar a multidisciplinaridade da equipe técnica, proporcionando a melhor troca de ideias e soluções para os problemas ambientais. Em seguida se tem o critério B43 (19%) com uma contribuição menor comparada aos critérios anteriores, porque o seu objetivo está relacionado com diretrizes para os servidores, não possuindo impacto na gestão ambiental. O mesmo pode ser aplicado para o critério B44 (14%) onde seu objetivo está ligado à gestão de pessoas.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-C (Jurídico) estão apresentados na Figura 35.

Figura 35 - Pesos dos critérios do PVF-C (Jurídico)



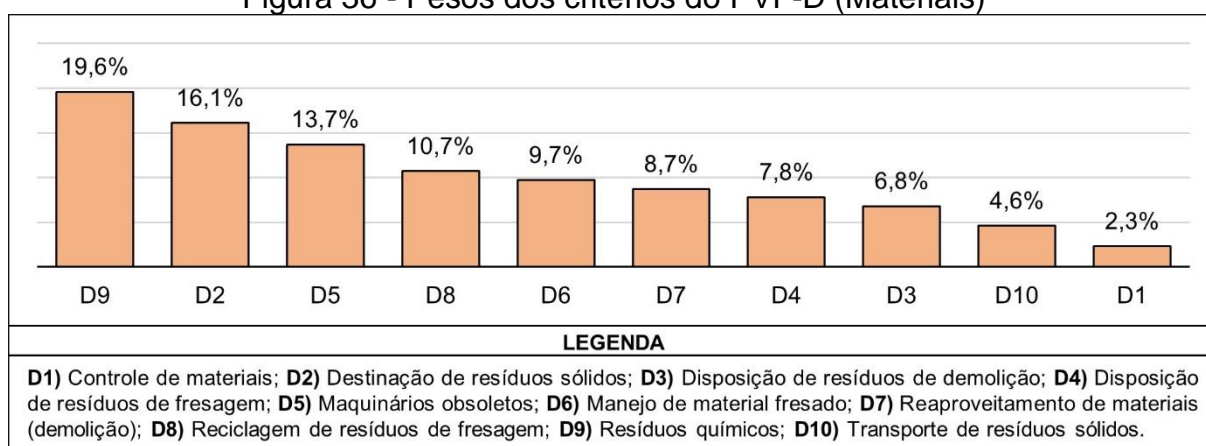
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério C3 (37%) foi, em função do julgamento, o mais importante, principalmente pelo fato de evitar o impacto ambiental causado por ocupações irregulares da faixa de domínio e também os danos causados pelo uso indevido. Em

seguida tem-se o critério C4 (30%), onde os decisores avaliaram a importância da resolução de problemas jurídicos relacionados à questão ambiental. O peso do critério C2 (21%) também se destaca e apesar de não evitar os danos ambientais de forma direta tem sua contribuição em relação à organização do órgão rodoviário para manter suas licenças atualizadas. Já o peso do critério C1 (12%) corresponde a sua atuação voltada para ao atendimento as legislações ambientais referentes ao serviço de manutenção rodoviária.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-D (Materiais) estão apresentados na Figura 36.

Figura 36 - Pesos dos critérios do PVF-D (Materiais)



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

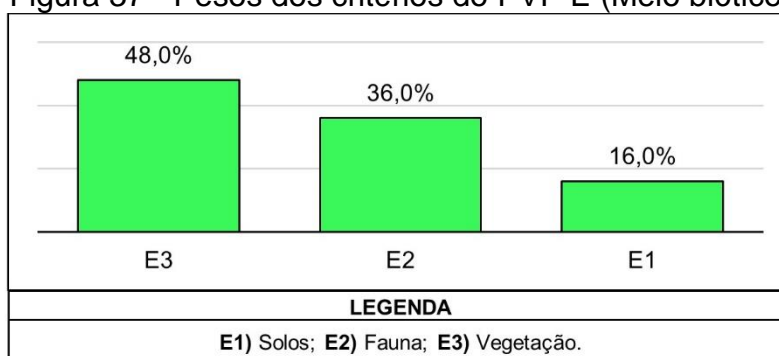
Nos pesos destes critérios não foi possível trabalhar com números inteiros. O critério com maior peso foi o D9 (19,6%) devido ao resíduo químico causar grandes danos ambientais e de forma rápida e prejudicial. O peso do critério D2 (16,1%) corresponde a sua contribuição para geração de passivos ambientais caso os resíduos sólidos não sejam destinados corretamente. O peso do critério D5 (13,7%) ficou entre os primeiros, pois os decisores avaliaram que os maquinários obsoletos causam grande impacto no meio ambiente devido à dispersão de poluentes, alto consumo de combustível e risco de vida para os trabalhadores. O peso do critério D8 (10,7%) é justificado pelo reaproveitamento do resíduo de fresagem, transformando um passivo ambiental em agregado.

Na sequência tem-se o peso do critério D6 (9,7%), o qual visa o monitoramento contínuo do resíduo de fresagem, possibilitando o rastreamento deste material e contribuindo para um descarte adequado. O peso do critério D7 (8,7%) se justifica

porque este critério tem como objetivo diminuir os resíduos destinados para aterros sanitários, visando o reaproveitamento deste material. O peso atribuído ao critério D4 (7,8%) corresponde à preocupação com a destinação do resíduo de fresagem, pois este material possui alguns produtos químicos que requerem cuidados quando no seu manuseio e destinação. Os menores pesos ficaram com os critérios D3 (6,8%), D10 (4,6%) e D1 (2,3%). O primeiro visa à destinação do resíduo de demolição que não foi reaproveitado, já o segundo busca o controle e fiscalização do transporte de resíduos sólidos na rodovia, enquanto o último critério tem como objetivo monitorar os materiais novos utilizados nas obras.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-E (Meio biótico) estão apresentados na Figura 37.

Figura 37 - Pesos dos critérios do PVF-E (Meio biótico)

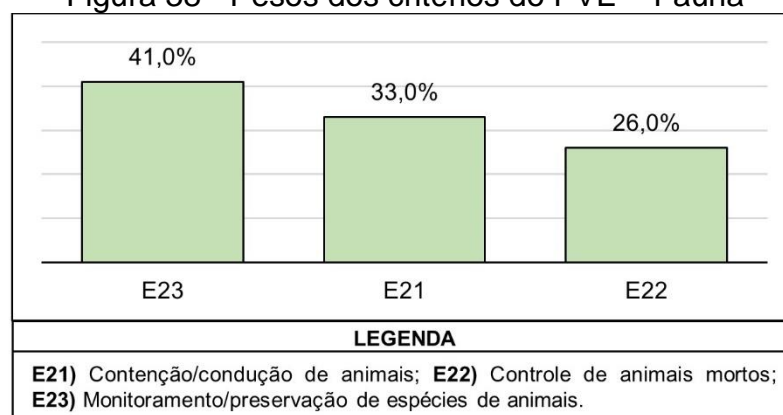


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Em relação aos pesos dos critérios do PVF-E (Meio biótico), o critério E3 (48%) teve prioridade na avaliação dos decisores devido o impacto ambiental causado pelas obras de manutenção da rodovia relativas a empréstimos e bota-foras, à degradação de áreas de canteiro de obras, às trilhas e caminhos de serviço. Já o critério E2 (36%) tem o foco na fauna e na prevenção das mortes dos animais, tendo um impacto mais rápido e direto. O menor peso foi do critério E1 (16%) que tem sua importância para questão da vegetação no entorno da rodovia.

Os pesos adotados para os critérios do PVE – Fauna estão apresentados na Figura 38.

Figura 38 - Pesos dos critérios do PVE – Fauna

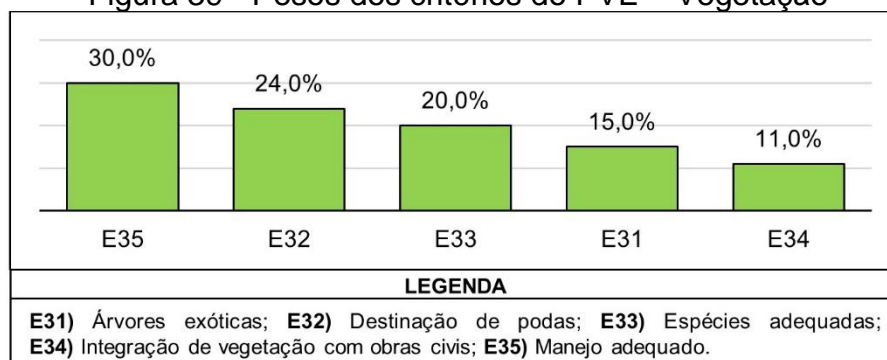


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O critério E23 (41%) possui o maior peso do PVE – Fauna, pois os decisores julgaram que ele tem um grande impacto no meio ambiente, já que visa o monitoramento e prevenção de espécies animais. O peso do critério E21 (33%) é justificado por evitar as mortes de animais e também acidentes com os usuários. Já o critério E22 (26%) tem como base a existência de medidas para monitoramento, controle e destinação correta de animais mortos, evitando assim a poluição ambiental das carcaças e risco de acidentes para os usuários.

Os pesos adotados para os critérios do PVE – Vegetação estão apresentados na Figura 39.

Figura 39 - Pesos dos critérios do PVE – Vegetação



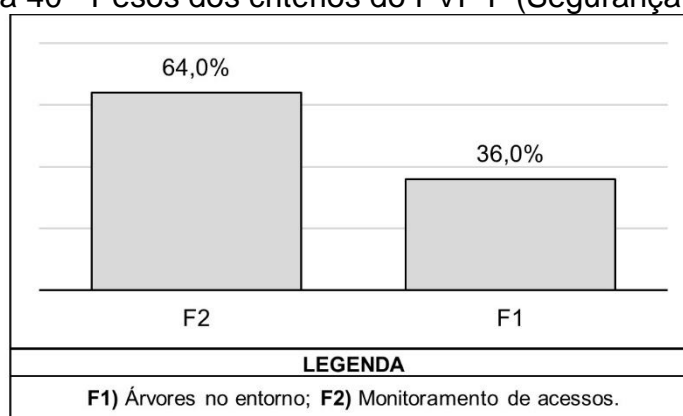
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O maior peso é do critério E35 (30%) devido ao seu impacto direto no meio ambiente e também por abranger vários pontos relacionados à vegetação em geral. O peso do critério E32 (24%) é justificado pelo aproveitamento dos resíduos de podas, os quais não podem ser descartados como resíduos, pois ainda podem ser utilizados como material servível.

Já o peso do critério E33 (20%) se baseia no objetivo do critério, que é a adoção de espécies adequadas para diminuir os riscos de acidentes e frequência de manutenção. O peso do critério E31 (15%) se justifica pelo fato deste item monitorar e controlar árvores exóticas a fim de evitar acidentes. Para os decisores o menor peso é o do critério E34 (11%), pois este tem pouca influência no impacto ambiental, servindo como uma maneira de integrar a vegetação com as obras civis.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-F (Segurança viária) estão apresentados na Figura 40.

Figura 40 - Pesos dos critérios do PVF-F (Segurança viária)

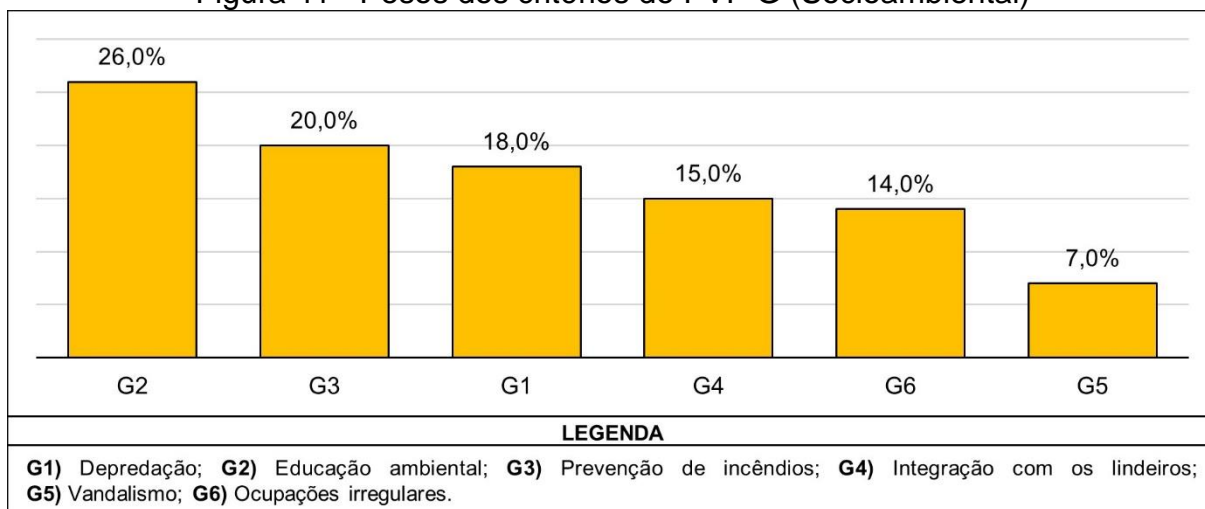


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Para os decisores o maior peso é do critério F2 (64%), pois este contribui de maneira mais intensa e direta para a diminuição dos riscos de acidentes, além de evitar os desmatamento e criação de caminhos alternativos para acessar a rodovia. Já o peso do critério F1 (36%) apresenta um grau de significância menor para os riscos de acidentes, onde o seu controle e monitoramento é mais fácil e ocorre em curto prazo.

Os pesos adotados para os critérios do PVF-G (Socioambiental) estão apresentados na Figura 41.

Figura 41 - Pesos dos critérios do PVF-G (Socioambiental)



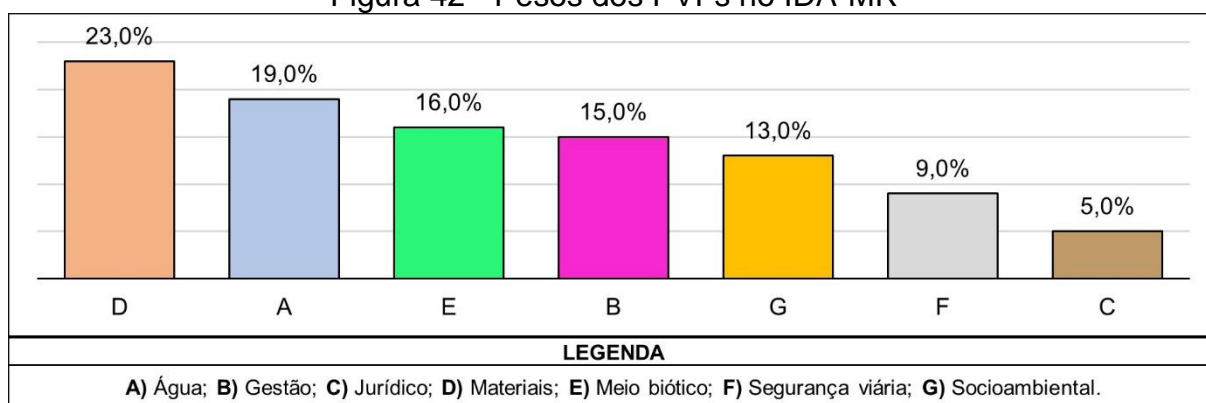
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

O maior peso é do critério G2 (26%), pois foi considerado de grande importância pelos decisores já que as ações realizadas na educação ambiental, apesar de serem de longo prazo, auxiliam na conscientização dos usuários. O peso do critério G3 (20%) se destaca por conscientizar os usuários sobre os riscos de incêndios e o impacto ambiental que isto causa, pois com os incêndios os danos ambientais são de grandes proporções e de rápida propagação. O peso do critério G1 (18%) se justifica por este critério evitar a depredação causada pelos lindeiros no tráfego de maquinários, com isto tem-se uma diminuição da necessidade de manutenção.

Para o peso do critério G4 (15%) os decisores levaram em consideração a criação de um sistema de atendimento aos lindeiros, onde será possível tirar dúvidas, fazer denúncias e com isto diminuir os impactos ambientais. O peso do critério G6 (14%) representa a preocupação dos decisores em coibir as ocupações irregulares da faixa de domínio, evitando acidentes, diminuindo os impactos na drenagem por evitar a impermeabilização do solo. Já o menor peso é do critério G5 (7%), porque este critério tem ação indiretamente aos impactos ambientais, pois visa à conscientização dos usuários sobre o vandalismo e suas consequências.

Os pesos adotados para os PVFs do IDA-MR estão apresentados na Figura 42.

Figura 42 - Pesos dos PVFs no IDA-MR



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Durante o julgamento o maior peso é do PVF-D (Materiais) (23%), pois tem a maior importância para os decisores por englobar diversos critérios que atuam de forma direta na diminuição dos impactos ambientais. Em seguida tem o peso do PVF-A (Água) (19%) que tem sua importância justificada pelos critérios de verificação da existência de programas de monitoramento, manutenção e controle do sistema de drenagem até a verificação de pontos de assoreamento e erosão. Já o peso do PVF-E (Meio biótico) (16%) se justifica por este contribuir para a diminuição do impacto ambiental através da avaliação dos impactos relacionados à fauna, flora e vegetação durante a fase de operação da rodovia.

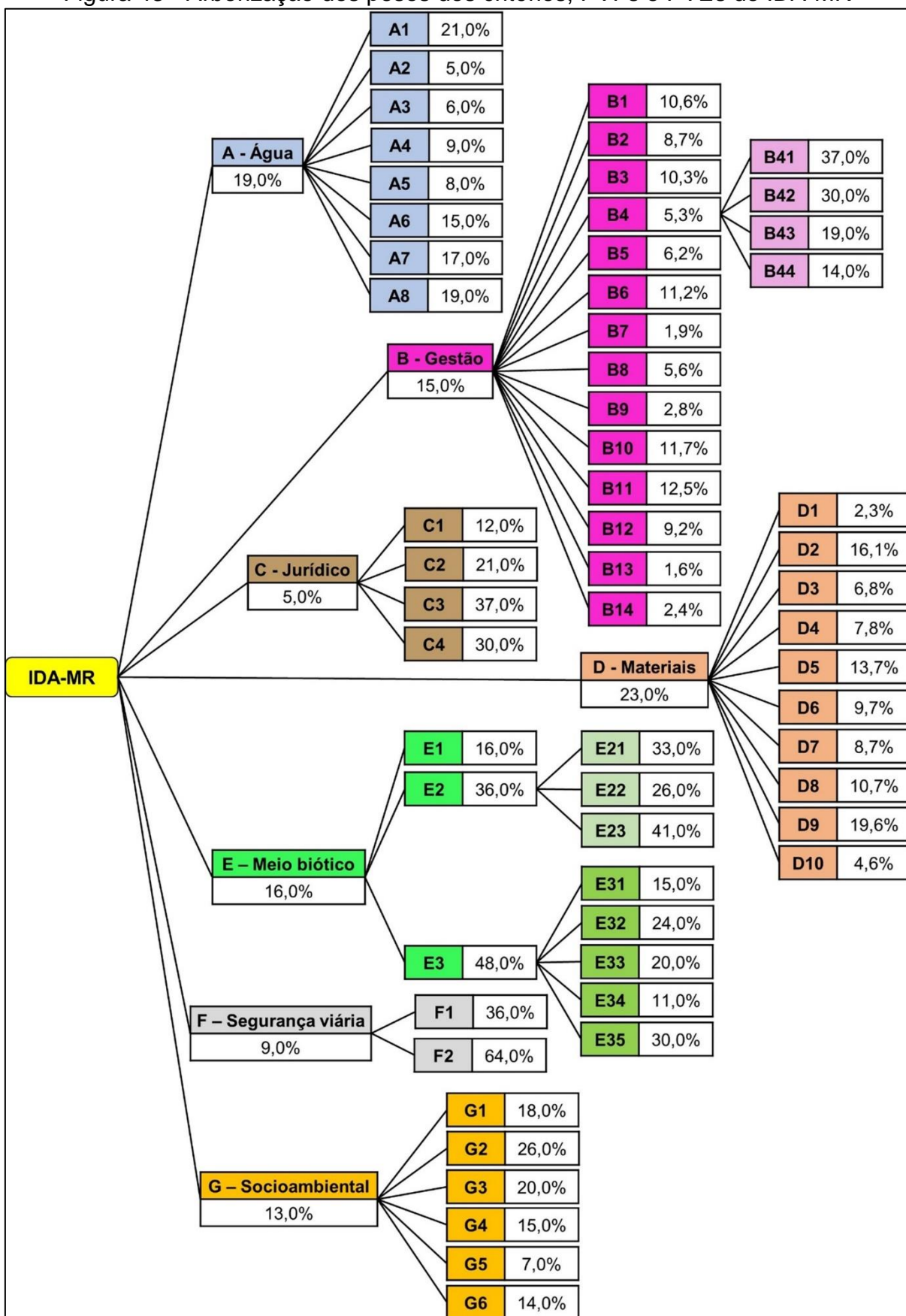
Apesar do PVF-B (Gestão) possuir o maior número de critérios foi conferido a ele um peso de 15%. Isso pode ser atribuído à questão de eles estarem relacionados a medidas que interferem indiretamente à diminuição dos danos ambientais com ações em longo prazo. No PVF-G (Socioambiental) (peso de 13%) observa-se que sua área de atuação está voltada a fatores que afetam a sociedade e sua relação com o meio ambiente, através de indicadores relacionados com a existência de campanhas e programas direcionados para educação ambiental, atendimento aos usuários e prevenção contra incêndios.

Já um dos menores pesos é o do PVF-F (Segurança viária) (9%). Este PVF possui a menor quantidade de critérios e tem sua contribuição através de aspectos relacionados à segurança dos usuários, através de indicadores relacionados ao monitoramento de acesso irregulares e árvores no entorno. Por fim, o menor peso foi atribuído ao PVF-C (Jurídico) (5%), o qual contribui de forma indireta na diminuição dos impactos ambientais, pois aborda aspectos jurídicos, legislações ambientais específicas, burocracia e reintegração da faixa de domínio.

6.2.3 Definição do IDA-MR

Tendo em vista o volume de dados da composição do IDA-MR, buscou-se sintetizar, em forma de arborização, os pesos de cada critério, PVF e PVE por meio da Figura 43 com a legenda disposta no Quadro 33. Desta maneira, há uma rápida interpretação e leitura da abrangência e contribuição de todos os itens que compõem a matriz de avaliação do IDA-MR.

Figura 43 - Arborização dos pesos dos critérios, PVFs e PVEs do IDA-MR



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Quadro 33 - Legenda de critérios do IDA-MR

PVF - Água (A)	PVF - Materiais (D)
A1) Água superficial na plataforma	D1) Controle de materiais
A2) Assoreamento	D2) Destinação de resíduos sólidos
A3) Plano de contingência para desastres com chuva	D3) Disposição de resíduos de demolição
A4) Erosão	D4) Disposição de resíduos de fresagem
A5) Impermeabilidade do solo	D5) Maquinários obsoletos
A6) Manutenção dos sistemas de drenagem	D6) Manejo de material fresado
A7) Medidas preventivas	D7) Reaproveitamento de materiais (demolição)
A8) Programa de monitoramento da drenagem	D8) Reciclagem de resíduos de fresagem
PVF - Gestão (B)	D9) Resíduos químicos
B1) Compatibilização de projetos com o meio ambiente	D10) Transporte de resíduos sólidos
B2) Controle de carga	PVF - Meio biótico (E)
B3) Plano de destinação de resíduos	E1) Solos
B4) Equipe técnica	E2) Fauna
B5) Controle/ Manutenção da sinalização	E3) Vegetação
B6) Monitoramento de defeitos	PVE - Fauna
B7) Patrulha rural	E21) Contenção/condução de animais
B8) Plano de contingência ambiental	E22) Controle de animais mortos
B9) Plano de contingência de acidentes	E23) Monitoramento/preservação de espécies de animais
B10) Plano de gerenciamento	PVE - Vegetação
B11) Programas ambientais	E31) Árvores exóticas
B12) Suporte financeiro	E32) Destinação de podas
B13) Pesquisa	E33) Espécies adequadas
B14) Treinamento	E34) Integração de vegetação com obras civis
PVE - Equipe	E35) Manejo adequado
B41) Empreiteira	PVF - Segurança viária (F)
B42) Equipe multidisciplinar	F1) Árvores no entorno
B43) Funções	F2) Monitoramento de acessos
B44) Transição	PVF - Socioambiental (G)
PVF - Jurídico (C)	G1) Depredação
C1) Legislações ambientais específicas	G2) Educação ambiental
C2) Burocracia na legislação (interna)	G3) Prevenção de incêndios
C3) Reintegração da faixa de domínio	G4) Integração com os lindeiros
C4) Estrutura jurídica	G5) Vandalismo
	G6) Ocupações irregulares

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, o resultado do IDA-MR é obtido através da agregação aditiva entre os PVFs com base na equação 4:

$$IDA - MR = 0,19 * A + 0,15 * B + 0,05 * C + 0,23 * D + 0,16 * E + 0,09 * F + 0,13 * G$$

(Equação 4)

Tendo em vista que cada PVF tem uma escala que está ancorada em 100 e 0 pontos, nível bom e neutro, respectivamente, há também a possibilidade desta escala variar em valores abaixo de 0 e acima de 100. Conforme já explicado anteriormente, todos os PVFs têm o mesmo nível de desempenho baseado na pontuação obtida pela agregação aditiva dos critérios relacionados com determinado PVF.

Logo o Quadro 34 apresenta a pontuação correspondente para cada nível de desempenho dos PVFs, com isto observa-se que cada PVF tem uma amplitude de escala, ou seja, a distância entre o mínimo e máximo é diferente e com a normalização é possível padronizar estes resultados em uma escala única baseada na agregação aditiva de cada critério em determinado PVF. O mesmo se aplica para a inclusão dos PVEs nos PVFs (Quadro 35).

Quadro 34 - Normalização das escalas dos PVFs

Níveis de desempenho do PVF	1	2	3	4	5	Amplitude da escala
	100%	75%	50%	25%	0%	
PVF - Água (A)	149,45	100	19,20	0	-111,05	260,50
PVF - Gestão (B)	126,17	100	31,79	0	-62,58	188,74
PVF - Jurídico (C)	107,40	100	15,20	0	-77,00	184,40
PVF - Materiais (D)	104,91	100	20,03	0	-64,85	169,76
PVF - Meio biótico (E)	114,40	100	0,72	0	-112,96	227,36
PVF - Segurança viária (F)	143,60	100	54,50	0	-34,60	178,20
PVF - Socioambiental (G)	91,40	100	32,00	0	-27,40	118,80

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Quadro 35 - Normalização das escalas dos PVEs

Níveis de desempenho do PVF	1	2	3	4	5	Amplitude da escala
	100%	75%	50%	25%	0%	
PVE - Equipe (B4)	127,60	100	27,40	0	-72,80	200,40
PVE - Fauna (E2)	120,00	100	50,00	0	-20,00	140,00
PVE - Vegetação (E3)	120,75	100	50,00	0	-20,75	141,50

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Conforme abordado no item 6.2.1, segundo a FVM adotada, o resultado do IDA-MR está compreendido entre -50 e 150 pontos.

Contudo, na Figura 44 propõe-se uma escala de classificação para o desempenho ambiental rodoviário para obras de manutenção baseado no IDA-MR. A escala está dividida em 5 níveis qualitativos de desempenho para classificar o trecho analisado, com o resultado normalizado na escala de 0 a 100 pontos através da equação 5:

$$IDA - MR_{Final} = 0,5 * x + 25 \text{ (Equação 5)}$$

Onde:

- IDA-MR_{Final}: Escala de classificação IDA-MR (0 a 100 pontos);
- x: resultado do IDA-MR (-50 a 150 pontos);

Desta forma, de acordo com o resultado obtido na avaliação é possível classificá-lo segundo o seu nível qualitativo correspondente: péssimo; ruim; regular; bom; ótimo.

Figura 44 - Escala de classificação IDA-MR



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

6.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para a realização da análise de sensibilidade foram considerados como alternativas os dados dos PVFs referentes aos pesos individuais atribuídos pelos decisores da Equipe 2 ($AV_{i''}$), bem como sua média ($Média_{AV_{i''}}$), e os pesos gerados no M-MACBETH a partir dos julgamentos dos decisores desta pesquisa (IDA-MR), totalizando, a princípio, 11 alternativas (Quadro 36).

Quadro 36 - Valores prévios dos PVFs segundo os decisores

Alternativas	Critérios (PVFs)							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Av ₁	0,31	0,15	0,05	0,08	0,22	0,12	0,07	1,00
Av ₂	0,19	0,05	0,21	0,04	0,17	0,17	0,17	1,00
Av ₃	0,20	0,20	0,20	0,05	0,10	0,20	0,05	1,00
Av ₄	0,20	0,15	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	1,00
Av ₅	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,25	0,15	1,00
Av ₆	0,20	0,09	0,12	0,11	0,21	0,14	0,13	1,00
Av ₇	0,12	0,09	0,09	0,12	0,10	0,24	0,24	1,00
Av ₈	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,40	0,20	1,00
Av ₉	0,72	0,12	0,02	0,00	0,00	0,12	0,02	1,00
Média _{Av9}	0,254	0,111	0,099	0,089	0,117	0,199	0,131	1,00
IDA-MR	0,19	0,15	0,05	0,23	0,16	0,09	0,13	1,00

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Esta análise foi feita apenas com os PVFs, pois estes são os únicos valores possíveis de comparação entre as duas pesquisas (pesquisa 1: Jesus, 2015; pesquisa 2: atual), já que os critérios de avaliação dentro de cada PVF foram modificados na fase de estruturação.

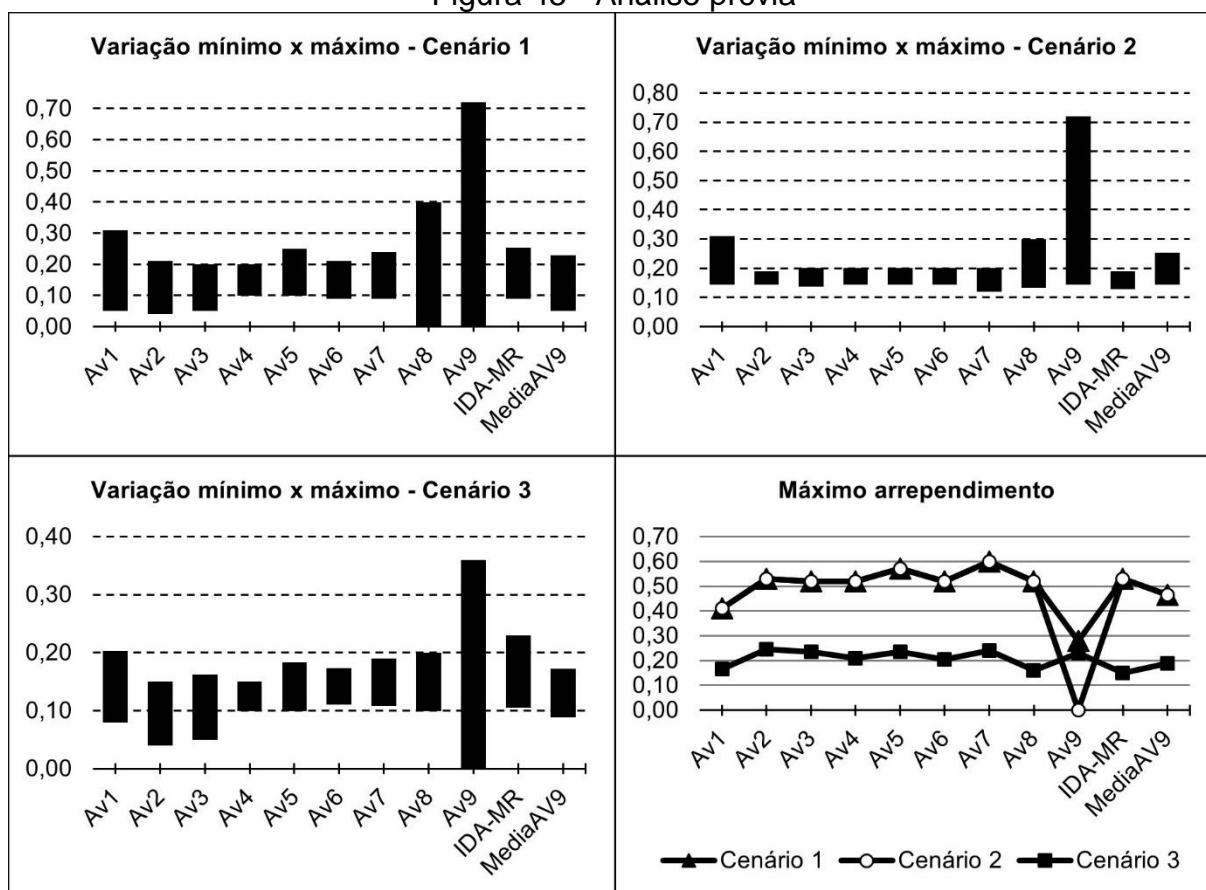
Conforme pode ser observado no Quadro 36, os resultados dos avaliadores 8 e 9 possuem valores altos em determinados critérios e zero em outros. O avaliador 8 concentra 100% dos pesos nos PVFs A, D, F e G e o avaliador 9 prioriza 96% nos PVFs A, B e F, enquanto que os outros avaliadores, assim como os decisores da alternativa IDA-MR, apresentaram valores distribuídos entre os critérios.

A variação destes 2 avaliadores também foi destacada na pesquisa de Jesus (2015), em que o valor de 0,72 atribuído pelo avaliador 9 ao PVF-A (Água) gerou uma variação maior no coeficiente de variação e também uma maior diferença entre a mediana e o valor médio, enquanto que o valor de 0,40 atribuído pelo avaliador 8 ao PVF-F (Segurança viária) ficou caracterizado como um *outlier*. Ao final, o autor ressalta a variação dos pesos atribuídos por estes 2 avaliadores com a resposta dos demais avaliadores.

Ademais, durante a análise preliminar considerando as 11 alternativas simuladas em cada cenário inicialmente (cenário 1 – ordenação livre, cenário 2 – ordenação Jesus, cenário 3 – ordenação atual), constatou-se que as alternativas 8 e 9 apresentam os seguintes resultados (Figura 45): menor valor mínimo (cenários 1 e 3), maior resultado máximo (todos os cenários); maiores variações entre o mínimo e máximo (todos os cenários); menor arrependimento máximo (cenário 1 e 2); classificadas como ótimas (cenário 2), ou seja, tem o melhor desempenho entre as

demais alternativas em todos os critérios; quase-ótimas (cenário 1 com tolerância a partir de 11%), tem o melhor desempenho em quase todos os critérios em relação as outras alternativas.

Figura 45 - Análise prévia



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Dessa forma, optou-se por desconsiderar os avaliadores 8 e 9 nas simulações do *VIP Analysis*. Logo, a nova base de dados para simulação encontra-se no Quadro 37, com uma nova média calculada baseada nos 7 avaliadores restantes.

Quadro 37 - Valores dos PVFs segundo os decisores adotados

Alternativas	Critérios (PVFs)							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Av ₁	0,31	0,15	0,05	0,08	0,22	0,12	0,07	1,00
Av ₂	0,19	0,05	0,21	0,04	0,17	0,17	0,17	1,00
Av ₃	0,20	0,20	0,20	0,05	0,10	0,20	0,05	1,00
Av ₄	0,20	0,15	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	1,00
Av ₅	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,25	0,15	1,00
Av ₆	0,20	0,09	0,12	0,11	0,21	0,14	0,13	1,00
Av ₇	0,12	0,09	0,09	0,12	0,10	0,24	0,24	1,00
Média _{AV7}	0,196	0,126	0,124	0,086	0,150	0,181	0,137	1,00
IDA-MR	0,19	0,15	0,05	0,23	0,16	0,09	0,13	1,00

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

A seguir são abordados os quatro cenários para a avaliação das melhores alternativas.

6.3.1 Cenário 1: Ordenação Livre

Neste cenário a análise foi feita com a ordenação livre entre os critérios, dando liberdade total para o sistema *VIP Analysis* ranquear a melhor alternativa. Durante a primeira análise o sistema avaliou qual o menor e o maior valor que determinada alternativa pode atingir ranqueando-a segundo o maior valor mínimo. Assim, a alternativa que apresenta o maior desempenho no pior cenário e o valor máximo no melhor cenário foram ordenadas.

Na Figura 46 estão apresentados os resultados desta primeira análise. Constatou-se que as melhores alternativas são a Av₄ e a Av₅, pois elas apresentam o maior entre os valores mínimos (0,10 pontos) quando comparadas com as demais. Isto ocorre, quando o sistema priorizou o PVF-C (Jurídico) nestas alternativas com o peso máximo de 1,0 ponto e o restante com 0,0 ponto. Já o valor mínimo atingido pela alternativa IDA-MR é de 0,05 pontos, correspondendo ao valor do PVF-C (Jurídico).

Já em relação ao maior entre os valores máximos, a melhor alternativa é a Av₁ quando priorizado o PVF-A (Água), enquanto a alternativa IDA-MR pontua 0,23 pontos quando é priorizado o PVF-D (Materiais).

Figura 46 - Resultados da primeira análise - cenário 1

Alternativa	Valor mínimo	Pesos							Valor máximo	Pesos										
		A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G				
Av ₁	0,050	[	0	0	1	0	0	0	0	]	0,310	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₂	0,040	[	0	0	0	1	0	0	0	]	0,210	[	0	0	1	0	0	0	0]
Av ₃	0,050	[	0	0	0	1	0	0	0	]	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₄	0,100	[	0	0	1	0	0	0	0	]	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₅	0,100	[	0	0	1	0	0	0	0	]	0,250	[	0	0	0	0	0	1	0]
Av ₆	0,090	[	0	1	0	0	0	0	0	]	0,210	[	0	0	0	0	1	0	0]
Av ₇	0,090	[	0	0	1	0	0	0	0	]	0,240	[	0	0	0	0	0	1	0]
Média _{AV7}	0,086	[	0	0	0	1	0	0	0	]	0,196	[	1	0	0	0	0	0	0]
IDA-MR	0,050	[	0	0	1	0	0	0	0	]	0,230	[	0	0	0	1	0	0	0]

Variação mínimo x máximo

Desempenho alternativas									
Crítérios	Av ₁	Av ₂	Av ₃	Av ₄	Av ₅	Av ₆	Av ₇	Média _{AV7}	IDA-MR
A	0,310	0,190	0,200	0,200	0,150	0,200	0,120	0,196	0,190
B	0,150	0,050	0,200	0,150	0,150	0,090	0,090	0,126	0,150
C	0,050	0,210	0,200	0,100	0,100	0,120	0,090	0,124	0,050
D	0,080	0,040	0,050	0,100	0,100	0,110	0,120	0,086	0,230
E	0,220	0,170	0,100	0,150	0,100	0,210	0,100	0,150	0,160
F	0,120	0,170	0,200	0,150	0,250	0,140	0,240	0,181	0,090
G	0,070	0,170	0,050	0,150	0,150	0,130	0,240	0,137	0,130

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

De maneira geral, a alternativa IDA-MR apresenta desempenho semelhante às demais, pois o menor peso atribuído pelos avaliadores das melhores alternativas foi para o PVF-C (Jurídico). Além disso, com base no gráfico percebe-se que a variação entre o valor mínimo e máximo da alternativa IDA-MR possui uma amplitude semelhante às demais, concluindo que os pesos dos PVFs extremos estão próximos uns aos outros, sendo uma alternativa robusta para este cenário. Isto já não ocorre com a alternativa Av₁, pois esta apresenta a maior amplitude entre as demais.

No Quadro 38 são apresentados os resultados da segunda análise, a comparação par a par. A alternativa que apresenta o menor arrependimento entre as demais é a Av₆ com 0,12 pontos. Observa-se que o maior arrependimento da alternativa Av₆ ocorreu quando foi comparada com a alternativa IDA-MR na priorização do PVF-D (Materiais). Já esta alternativa (IDA-MR) apresenta o maior arrependimento de 0,16 pontos quando comparada com a alternativa Av₂.

Quadro 38 - Comparação par a par - cenário 1

Comparação			Máximo arrependimento
Av₁	x	Av₇	0,170
Av₂	x	IDA-MR	0,190
Av₃	x	Av₇	0,190
Av₄	x	IDA-MR	0,130
Av₅	x	Av₁	0,160
Av₆	x	IDA-MR	0,120
Av₇	x	Av₁	0,190
Média_{AV7}	x	IDA-MR	0,144
IDA-MR	x	Av₂	0,160

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Contudo, durante a comparação da alternativa IDA-MR com as demais (Quadro 39), observa-se que nas alternativas Av₄ e Av₆ que há valores de máximo arrependimento próximos de 0. Na alternativa Av₄ tem-se o valor de 0,06 pontos quando o PVF-F (Segurança viária) foi priorizado, e na alternativa Av₆ obtém-se o valor de 0,07 pontos ao priorizar o PVF-C (Jurídico). Isto indica que a alternativa IDA-MR possuiu valores nos PVF-C (Jurídico) e PVF-F (Segurança viária) próximos ao destas duas alternativas.

Quadro 39 - Comparação par a par: IDA-MR x alternativas - cenário 1

Comparação	Máximo arrependimento	Pesos						
		A	B	C	D	E	F	G
IDA-MR x Av₁	0,120	[1	0	0	0	0	0	0]
IDA-MR x Av₂	0,160	[0	0	1	0	0	0	0]
IDA-MR x Av₃	0,150	[0	0	1	0	0	0	0]
IDA-MR x Av₄	0,060	[0	0	0	0	0	1	0]
IDA-MR x Av₅	0,160	[0	0	0	0	0	1	0]
IDA-MR x Av₆	0,070	[0	0	1	0	0	0	0]
IDA-MR x Av₇	0,150	[0	0	0	0	0	1	0]
IDA-MR x Média_{AV7}	0,091	[0	0	0	0	0	1	0]

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Em relação à alternativa Média_{AV7}, o máximo arrependimento foi de 0,091 pontos quando o PVF-F (Segurança viária) foi priorizado.

Desta forma, nenhuma alternativa foi dominante e muito menos dominada pelas outras, não sendo fornecido um resultado único, mas é possível inferir que a alternativa IDA-MR se encontra entre as melhores alternativas quando comparadas

com as opiniões dos decisores considerados na nova média, pois os seus menores valores de arrependimento máximo foram obtidos a partir das comparações com as melhores alternativas (Av_4 e Av_6).

Os resultados da terceira análise, a comparação par a par com tolerância de 10%, são apresentados no Quadro 40. Nesta situação todas as alternativas ficaram acima da tolerância, embora algumas tenham sido dominadas por outras. Nota-se que as alternativas Av_4 , Av_5 , Av_6 , Av_7 e $Média_{AV7}$ são dominadas, inclusive as alternativas Av_4 e Av_6 são dominadas pela IDA-MR. Desta forma, as alternativas dominadas foram descartadas, tendo em vista serem dominadas por uma ou mais alternativas. Assim, restaram as alternativas quase-ótimas.

Quadro 40 - Comparação par a par com tolerância - cenário 1

Comparação		Máximo arrependimento	Dominada?	Dominada por:
Av_1	x Av_7	0,170		
Av_2	x IDA-MR	0,190		
Av_3	x Av_7	0,190		
Av_4	x IDA-MR	0,130	Sim	Av_1 ; Av_5 ; IDA-MR
Av_5	x Av_1	0,160	Sim	$Média_{AV7}$
Av_6	x IDA-MR	0,120	Sim	Av_1 ; IDA-MR
Av_7	x Av_1	0,190	Sim	Av_2
$Média_{AV7}$	x IDA-MR	0,141	Sim	Av_1 ; Av_2 ; Av_3
IDA-MR	x Av_2	0,160		

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Logo, no Quadro 41 encontram-se as alternativas quase-ótimas, em que a alternativa IDA-MR se torna a mais viável entre as restantes, apresentando o menor máximo arrependimento, o maior valor máximo e também o maior valor mínimo entre elas.

Quadro 41 - Comparação par a par alternativas quase ótimas - cenário 1

Alternativa	Valor mínimo	Valor máximo	Comparação	Máximo arrependimento	Pesos							
					A	B	C	D	E	F	G	
Av_1	0,050	0,310	Av_1 x Av_2	0,160	[	0	0	1	0	0	0	0]
Av_2	0,040	0,210	Av_2 x IDA-MR	0,190	[	0	0	0	1	0	0	0]
Av_3	0,050	0,200	Av_3 x IDA-MR	0,180	[	0	0	0	1	0	0	0]
IDA-MR	0,050	0,230	IDA-MR x Av_2	0,160	[	0	0	1	0	0	0	0]

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, observa-se que a alternativa IDA-MR ficou entre as melhores para este cenário, não foi dominada por nenhuma das outras e, com uma tolerância de 10%, se tornou a mais viável para tal situação.

Desta maneira, isto demonstra que os decisores desta pesquisa estão em concordância com a maioria dos decisores da Equipe 2 de Jesus (2015), pois os valores de arrependimento máximo foram próximos de 0,0 e com pouca variação entre os extremos. Logo, para este cenário de ordenação livre entre os critérios, uma das melhores alternativas é a IDA-MR.

6.3.2 Cenário 2: Ordenação Jesus (2015)

Para este cenário foi adotada como ordenação para os critérios aquela determinada por Jesus (2015):

$$PVF - A > PVF - F > PVF - G > PVF - E > PVF - B > PVF - C > PVF - D$$

Na Figura 47 estão apresentados os resultados da primeira análise neste cenário. Baseado nesta ordenação e com os PVFs priorizados de forma proporcional, os maiores valores mínimos foram iguais e relativos às alternativas Av_1 , Av_2 , Av_4 , Av_5 , Av_6 e Média $_{Av_7}$. Na alternativa IDA-MR os PVFs também foram priorizados proporcionalmente, com exceção do PVF-D (Materiais) que não foi utilizado, resultando num valor mínimo de 0,128 pontos. Entretanto, com a priorização do PVF-A (Água) o maior valor máximo é o da alternativa Av_1 (0,31 pontos), enquanto que a alternativa IDA-MR ficou com 0,19 pontos quando priorizado o mesmo PVF.

No geral, a alternativa IDA-MR apresenta a amplitude de variação do valor mínimo ao máximo semelhante às alternativas Av_2 , Av_4 , Av_5 e Av_6 concluindo que os pesos dos PVFs estão próximos uns aos outros, sendo uma alternativa robusta para este cenário.

Figura 47 - Resultados da primeira análise - cenário 2

Alternativa	Valor mínimo	Pesos							Valor máximo	Pesos									
		A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G			
Av ₁	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,310	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₂	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,190	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₃	0,138	[	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₄	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₅	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,200	[	0,5	0	0	0	0,5	0	0]
Av ₆	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av ₇	0,120	[	1	0	0	0	0	0	0	0,200	[	0,333	0	0	0	0	0,333	0,333]
Média _{AV7}	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,196	[	1	0	0	0	0	0	0]
IDA-MR	0,128	[	0,167	0,167	0,167	0	0,167	0,167	0,167	0,190	[	1	0	0	0	0	0	0]

Varição mínimo x máximo

Desempenho alternativas									
Crítérios	Av ₁	Av ₂	Av ₃	Av ₄	Av ₅	Av ₆	Av ₇	Média _{AV7}	IDA-MR
A	0,310	0,190	0,200	0,200	0,150	0,200	0,120	0,196	0,190
B	0,150	0,050	0,200	0,150	0,150	0,090	0,090	0,126	0,150
C	0,050	0,210	0,200	0,100	0,100	0,120	0,090	0,124	0,050
D	0,080	0,040	0,050	0,100	0,100	0,110	0,120	0,086	0,230
E	0,220	0,170	0,100	0,150	0,100	0,210	0,100	0,150	0,160
F	0,120	0,170	0,200	0,150	0,250	0,140	0,240	0,181	0,090
G	0,070	0,170	0,050	0,150	0,150	0,130	0,240	0,137	0,130

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Na segunda análise do cenário 2, a comparação par a par, a alternativa com o menor arrependimento máximo entre todas é a Av₁ com 0,033 pontos quando comparada com a alternativa Av₇ (Quadro 42a). Já o maior arrependimento máximo da alternativa IDA-MR é de 0,12 pontos quando comparado com a alternativa Av₁ e priorizado o PVF-A (Água). Entretanto, esta alternativa apresentou valores próximos de 0 quando comparada com as alternativas Av₂, Av₄ e Av₆ (0,04, 0,035 e 0,03 pontos respectivamente – Quadro 42b).

Na comparação da alternativa IDA-MR, o maior arrependimento máximo ocorreu quando priorizados isolados, em pares ou em conjunto os PVFs A, F e G. Isto se deu porque estes são os três primeiros critérios priorizados na ordenação.

Quadro 42 - Comparação par a par - cenário 2

a) Melhor alternativa			b) Comparação: atual x alternativas						
Comparação	Máximo arrependimento		Comparação	Máximo arrependimento	Pesos				
					A	BCD	E	F	G
Av ₁ x Av ₇	0,007		IDA-MR x Av ₁	0,120	[1	0 0 0	0	0	0]
Av ₂ x Av ₁	0,120		IDA-MR x Av ₂	0,040	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
Av ₃ x Av ₁	0,110		IDA-MR x Av ₃	0,060	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
Av ₄ x Av ₁	0,110		IDA-MR x Av ₄	0,035	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
Av ₅ x Av ₁	0,160		IDA-MR x Av ₅	0,060	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
Av ₆ x Av ₁	0,110		IDA-MR x Av ₆	0,037	[0,333	0 0 0	0,333	0,333	0]
Av ₇ x Av ₁	0,190		IDA-MR x Av ₇	0,004	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
Média _{AV7} x Av ₁	0,114		IDA-MR x Média _{AV7}	0,049	[0,5	0 0 0	0	0,5	0]
IDA-MR x Av ₁	0,120								

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Entretanto, na terceira análise a partir da tolerância de 5%, todas as alternativas são dominadas pela alternativa Av₁. Para esta situação a alternativa IDA-MR é dominada também pelas alternativas Av₂, Av₃, Av₄, Av₅, Av₆ e Média_{AV7} (Quadro 43).

Quadro 43 - Comparação par a par com tolerância - cenário 2

Comparação	Máximo arrependimento	Dominada?	Dominada por:
Av ₁ x Av ₇	0,033		
Av ₂ x Av ₁	0,120	Sim	Av ₁
Av ₃ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₄ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₅ x Av ₁	0,160	Sim	Av ₁ ; Av ₃ ; Av ₄ ; Av ₆
Av ₆ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₇ x Av ₁	0,190	Sim	Av ₁ ; Av ₂ ; Av ₄ ; Av ₆ ; Av ₇
Média _{AV7} x Av ₁	0,114	Sim	Av ₁
IDA-MR x Av ₁	0,120	Sim	Av ₁ ; Av ₂ ; Av ₃ ; Av ₄ ; Av ₅ ; Av ₆ ; Média _{AV7}

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, neste cenário para a primeira análise as melhores alternativas são: Av₁, Av₂, Av₄, Av₅, Av₆ e Média_{AV7}. Já na segunda análise a alternativa Av₁ se destaca pelo menor arrependimento máximo, isto se confirma com uma tolerância de 5% em que esta alternativa domina as demais, tornando-se uma alternativa quase-ótima para este cenário. Contudo, a alternativa IDA-MR apresentou um bom desempenho na primeira análise e também no arrependimento máximo em relação às outras alternativas.

6.3.3 Cenário 3: Ordenação da Média Modificada

Neste cenário a ordenação adotada foi àquela determinada pela nova média calculada com apenas os sete avaliadores ($Média_{AV7}$) da pesquisa de Jesus (2015):

$$PVF - A > PVF - F > PVF - E > PVF - G > PVF - B > PVF - C > PVF - D$$

A alteração na ordenação em relação ao determinado por Jesus (2015) está na troca do PVF-G (Socioambiental) (anteriormente terceiro critério) pelo PVF-E (Meio biótico) (anteriormente quarto critério).

Na Figura 48 estão os resultados da primeira análise neste cenário, ressalta-se que os resultados são iguais ao cenário 2, apenas com a diferença no máximo valor da alternativa Av_7 . Desta forma, os maiores valores mínimos foram iguais e relativos às alternativas Av_1 , Av_2 , Av_4 , Av_5 , Av_6 e $Média_{AV7}$. Na alternativa IDA-MR o valor mínimo manteve-se com 0,128 pontos.

Em relação ao maior valor máximo, a alternativa Av_1 continua com 0,31 pontos, enquanto que a alternativa IDA-MR mantêm os 0,19 pontos. Entretanto, apenas o máximo valor da alternativa Av_7 foi alterado de 0,20 para 0,18 pontos, pois neste cenário foi priorizado proporcionalmente os PVFs A e F.

Logo, a alternativa IDA-MR continua com uma amplitude de variação do valor mínimo ao máximo semelhante às alternativas Av_2 , Av_4 , Av_5 e Av_6 concluindo que os pesos dos PVFs estão próximos uns aos outros, sendo uma alternativa robusta também para este cenário.

Figura 48 - Resultados da primeira análise - cenário 3

Alternativa	Valor mínimo	Pesos							Valor máximo	Pesos										
		A	B	C	D	E	F	G		A	B	C	D	E	F	G				
Av₁	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,310	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av₂	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,190	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av₃	0,138	[	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25	]	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av₄	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av₅	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,200	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0]
Av₆	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,200	[	1	0	0	0	0	0	0]
Av₇	0,120	[	1	0	0	0	0	0	0	]	0,180	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0]
Média_{AV7}	0,143	[	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	]	0,196	[	1	0	0	0	0	0	0]
IDA-MR	0,128	[	0,167	0,167	0,167	0	0,167	0,167	0,167	]	0,190	[	1	0	0	0	0	0	0]

Varição mínimo x máximo

Desempenho alternativas									
Crítérios	Av ₁	Av ₂	Av ₃	Av ₄	Av ₅	Av ₆	Av ₇	Média _{AV7}	IDA-MR
A	0,310	0,190	0,200	0,200	0,150	0,200	0,120	0,196	0,190
B	0,150	0,050	0,200	0,150	0,150	0,090	0,090	0,126	0,150
C	0,050	0,210	0,200	0,100	0,100	0,120	0,090	0,124	0,050
D	0,080	0,040	0,050	0,100	0,100	0,110	0,120	0,086	0,230
E	0,220	0,170	0,100	0,150	0,100	0,210	0,100	0,150	0,160
F	0,120	0,170	0,200	0,150	0,250	0,140	0,240	0,181	0,090
G	0,070	0,170	0,050	0,150	0,150	0,130	0,240	0,137	0,130

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Na segunda análise do cenário 3, a comparação par a par, os resultados são idênticos ao cenário 2 durante esta análise. Desta maneira, a alternativa com o menor arrependimento máximo continua a ser Av₁ com 0,007 pontos quando comparada com a alternativa Av₇ (Quadro 44a). Já o maior arrependimento máximo da alternativa IDA-MR manteve-se com 0,12 pontos quando comparado com a alternativa Av₁. Além de manter valores próximos de 0 quando comparada com as alternativas Av₂, Av₄ e Av₆ (0,04, 0,035 e 0,03 pontos respectivamente – Quadro 44b).

Na comparação da alternativa IDA-MR, o maior arrependimento máximo ocorreu quando priorizados isolados, em pares ou em conjunto os PVFs A (Água), F (Segurança viária) e E (Meio biótico). Isto se deu porque estes são os três primeiros critérios priorizados na ordenação.

Quadro 44 - Comparação par a par - cenário 3

a) Melhor alternativa			b) Comparação: atual x alternativas														
Comparação	Máximo arrependimento		Comparação	Máximo arrependimento	Pesos												
					A	B	C	D	E	F	G						
Av ₁	x	Av ₇															
0,007			IDA-MR	x	Av ₁	0,120	[	1	0	0	0	0	0	0	0	0]
Av ₂	x	Av ₁															
0,120			IDA-MR	x	Av ₂	0,040	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
Av ₃	x	Av ₁															
0,110			IDA-MR	x	Av ₃	0,060	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
Av ₄	x	Av ₁															
0,110			IDA-MR	x	Av ₄	0,035	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
Av ₅	x	Av ₁															
0,160			IDA-MR	x	Av ₅	0,060	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
Av ₆	x	Av ₁															
0,110			IDA-MR	x	Av ₆	0,037	[	0,33	0	0	0	0,33	0,33	0	0	0]
Av ₇	x	Av ₁															
0,190			IDA-MR	x	Av ₇	0,004	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
Média _{AV7}	x	Av ₁															
0,114			IDA-MR	x	Média _{AV7}	0,049	[	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0]
IDA-MR	x	Av ₁															
0,120																	

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Ademais, na terceira análise os resultados mantiveram-se inalterados em relação ao cenário 2, em que a partir da tolerância de 10%, todas as alternativas são dominadas pela alternativa Av₁. Para esta situação a alternativa IDA-MR é dominada também pelas alternativas Av₂, Av₄, Av₆ e Média_{AV7} (Quadro 45).

Quadro 45 - Comparação par a par com tolerância - cenário 3

Comparação	Máximo arrependimento	Dominada?	Dominada por:
Av ₁ x Av ₇	0,007	Sim	Av ₁
Av ₂ x Av ₁	0,120	Sim	Av ₁
Av ₃ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₄ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₅ x Av ₁	0,160	Sim	Av ₁
Av ₆ x Av ₁	0,110	Sim	Av ₁
Av ₇ x Av ₁	0,190	Sim	Av ₁
Média _{AV7} x Av ₁	0,114	Sim	Av ₁
IDA-MR x Av ₁	0,120	Sim	Av ₁ ; Av ₂ ; Av ₄ ; Av ₆ ; Média _{AV7}

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Deste modo, as melhores alternativas continuam sendo as mesmas do cenário 2, em que na primeira análise as melhores alternativas são: Av₁, Av₂, Av₄, Av₅, Av₆ e Média_{AV7}. Já na segunda análise a alternativa Av₁ se mantém como quase-ótima com tolerância a partir de 10%, além da alternativa IDA-MR manter um bom desempenho na primeira análise e também no arrependimento máximo em relação às outras alternativas.

6.3.4 Cenário 4: Ordenação Atual

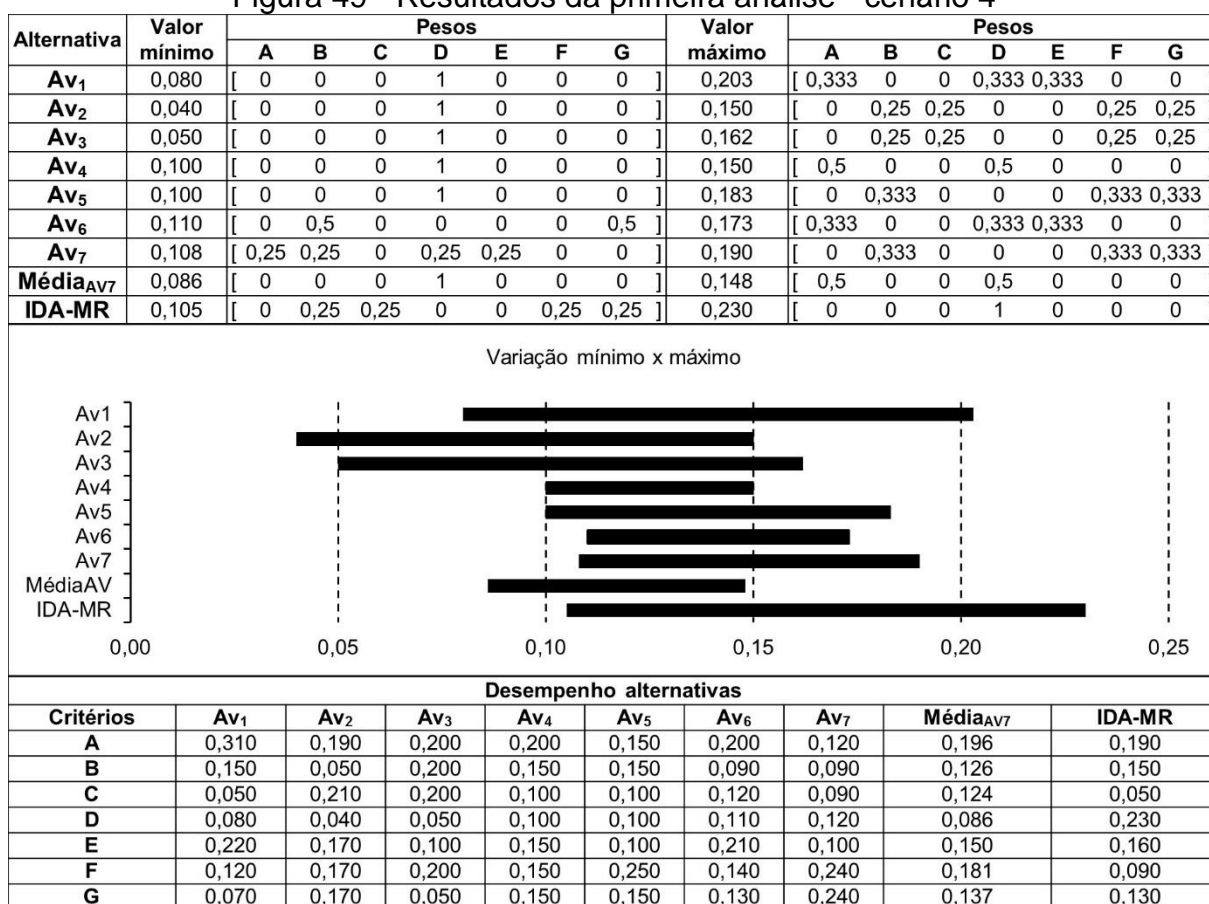
Neste cenário foi adotada a ordenação determinada nesta pesquisa:

$$PVF - D > PVF - A > PVF - E > PVF - B > PVF - G > PVF - F > PVF - C$$

Na Figura 49 estão os resultados da primeira análise. Com base nesta ordenação, o maior valor mínimo foi o da alternativa Av₆, quando priorizados os PVF-B (Gestão) e PVF-G (Socioambiental), enquanto que a alternativa IDA-MR ficou com 0,105 pontos quando priorizados proporcionalmente os PVFs B (Gestão), C (Jurídico), F (Segurança viária) e G (Socioambiental), apresentando-se próximo à alternativa Av₆.

O maior resultado possível foi obtido para a alternativa IDA-MR, alcançando 0,23 pontos quando priorizado o PVF-D (Materiais). Contudo, a amplitude entre o valor mínimo e máximo desta alternativa é uma das maiores se comparada com as demais, não sendo uma solução robusta a princípio.

Figura 49 - Resultados da primeira análise - cenário 4



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

No Quadro 46 são apresentados os resultados da segunda análise para o cenário 4. De acordo com os resultados a melhor alternativa é a IDA-MR, pois apresentou o menor arrependimento máximo (0,067 pontos) quando comparada com as outras alternativas. Este valor é decorrente da comparação com a alternativa Av₇, quando priorizados de maneira proporcional, os PVFs B (Gestão), F (Segurança viária) e G (Socioambiental). Apesar do valor do arrependimento máximo ficar próximo de 0, nenhuma alternativa foi dominada ou é dominante nesta análise.

Quadro 46 - Comparação par a par - cenário 4

Comparação	Máximo arrependimento	Pesos						
		A	B	C	D	E	F	G
Av ₁ x IDA-MR	0,150	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₂ x IDA-MR	0,190	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₃ x IDA-MR	0,180	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₄ x IDA-MR	0,130	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₅ x IDA-MR	0,130	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₆ x IDA-MR	0,120	[0	0	0	1	0	0	0]
Av ₇ x IDA-MR	0,110	[0	0	0	1	0	0	0]
Média _{AV7} x IDA-MR	0,144	[0	0	0	1	0	0	0]
IDA-MR x Av ₇	0,067	[0	0,333	0	0	0	0,333	0,333]

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Contudo, a partir da tolerância de 10% todas as alternativas são dominadas pela IDA-MR, viabilizando a adoção desta alternativa como quase-ótima para solução deste cenário (Quadro 47).

Quadro 47 - Comparação par a par com tolerância - cenário 4

Comparação	Dominada por:	Máximo arrependimento em relação à dominada	Pesos						
			A	B	C	D	E	F	G
Av ₁	IDA-MR	0,010	[0,333	0	0	0,333	0,333	0	0]
Av ₂	IDA-MR	0,045	[0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25]
Av ₃	IDA-MR	0,058	[0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25]
Av ₄	IDA-MR	0,032	[0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25]
Av ₅	IDA-MR	0,060	[0	0,333	0	0	0	0,333	0,333]
Av ₆	IDA-MR	0,015	[0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25]
Av ₇	IDA-MR	0,067	[0	0,333	0	0	0	0,333	0,333]
Média _{AV7}	IDA-MR	0,037	[0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25]

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta maneira, neste cenário para a primeira análise a melhor solução é a alternativa Av₆. Já na segunda análise a alternativa IDA-MR se destaca pelo menor arrependimento máximo, isto se confirma com uma tolerância de 10% em que esta alternativa domina as demais, tornando-se uma alternativa quase-ótima para este cenário.

6.3.5 Considerações Finais Sobre a Análise de Sensibilidade

De modo geral, por meio da análise destes quatro cenários, observa-se que os pesos atribuídos nesta pesquisa para os PVFs em relação àqueles atribuídos pela maioria dos decisores da pesquisa de Jesus (2015) estão próximos, pois nenhuma alternativa foi absolutamente dominada na análise inicial, demonstrando que há proximidade entre os pesos, resultando em desempenhos similares nas análises realizadas, não sendo possível apontar uma solução de imediato para o problema.

Na segunda etapa de análise, com a comparação par a par, também não houve a dominância absoluta de nenhuma alternativa, sendo eleita como melhor alternativa aquela com o menor arrependimento máximo.

Neste caso, as melhores alternativas para cada cenário analisado foram: Av₆; Av₁; Av₁; e IDA-MR, respectivamente. Destaca-se que, apesar da alternativa IDA-MR não ser o melhor resultado, no cenário 1, 2 e 3 foram obtidos resultados intermediários de arrependimento máximo, indicando sua viabilidade como solução.

Por fim, na terceira análise foi possível identificar as alternativas quase-ótimas. Para esta situação a alternativa Av₁ é a melhor para o cenário 2 e 3 enquanto que a IDA-MR é a melhor no cenário 1 e 4.

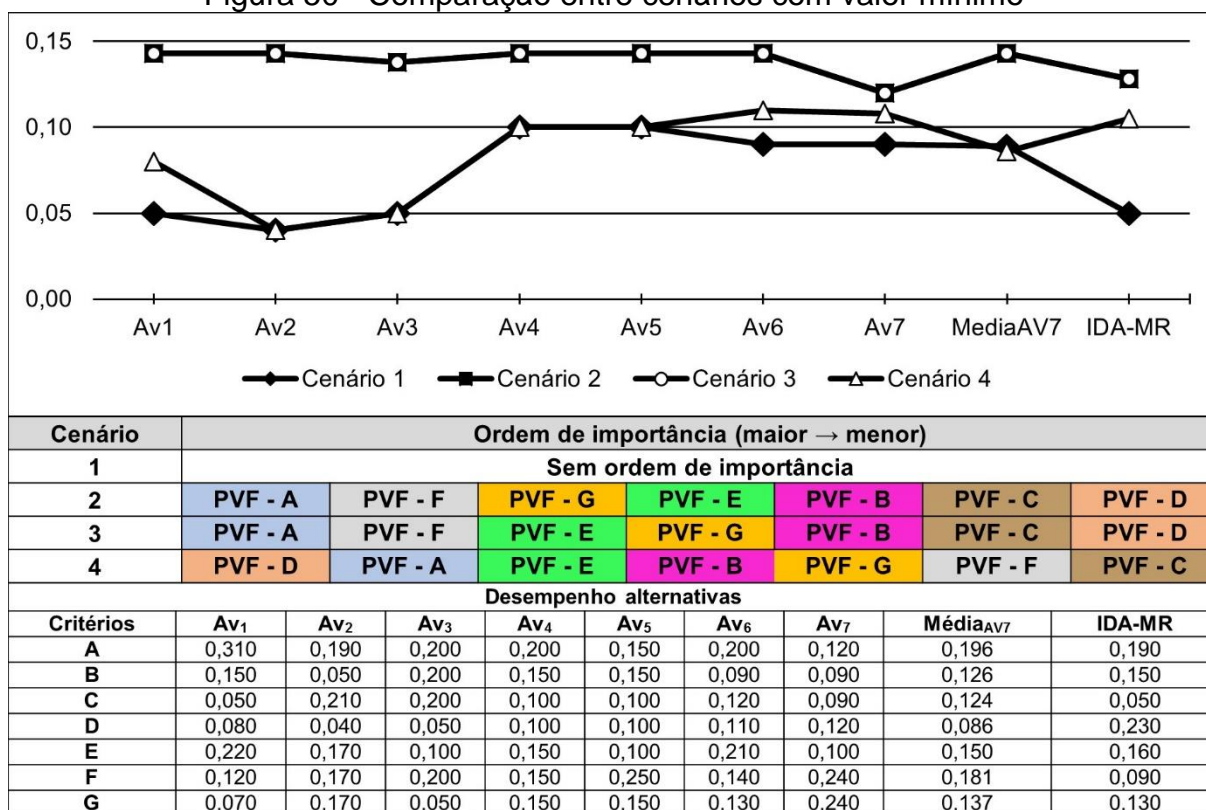
Durante uma análise mais detalhada, na Figura 50 está a comparação entre os resultados de valor mínimo das alternativas em cada cenário. No cenário 2 e 3 todas as alternativas apresentaram valores próximos de 0,15 pontos, enquanto que nos outros cenários houve uma variação maior entre os resultados. Logo, ao adotar a ordem de priorização do cenário 2 ou 3 todas as alternativas terão resultados semelhantes para o valor mínimo.

Ademais, em relação apenas às melhores alternativas no geral (Av₆, Av₁ e IDA-MR), a alternativa Av₆ apresenta a menor variação de 0,053 pontos (0,09 a 0,143 pontos) entre os cenários, seguida da IDA-MR com 0,078 pontos (0,05 a 0,128 pontos), finalizando com a Av₁ com 0,093 pontos (0,05 a 0,143 pontos).

Desta forma, para esta simulação no pior cenário possível a alternativa IDA-MR fica no mínimo com 0,05 pontos no cenário 1 referente ao PVF-C (Jurídico), e no cenário 2 todos os PVFs priorizados proporcionalmente são suficientes para atingir uma nota de 0,128 pontos sem a necessidade da contribuição do PVF-D (Materiais). Enquanto que no cenário 4 os PVFs B (Gestão), C (Jurídico), F (Segurança viária) e G (Socioambiental) com o peso dividido proporcionalmente são suficientes para atingir 0,105 pontos.

Logo, considerando os cenários 2 e 4 a variação dos pesos é de 0,023 pontos, demonstrando pouca variação no resultado, apesar de priorizados critérios diferentes em cada cenário.

Figura 50 - Comparação entre cenários com valor mínimo



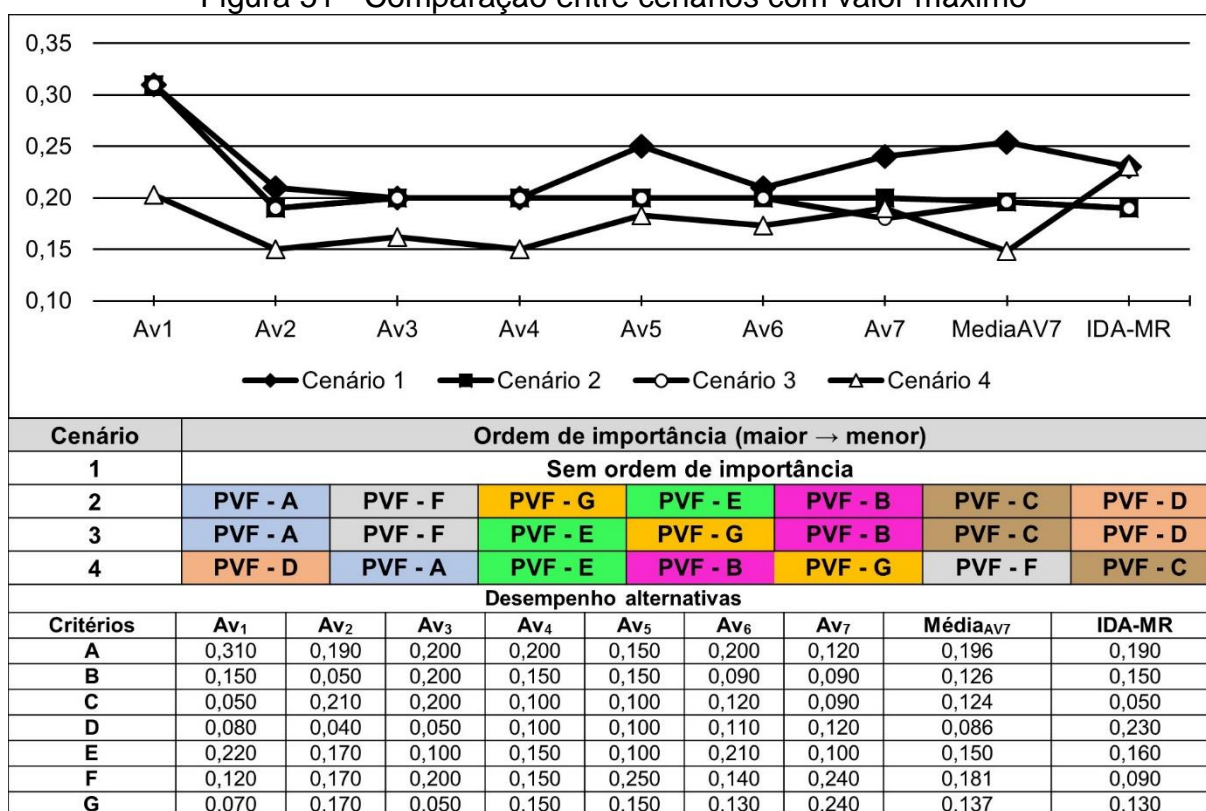
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Já na análise com o valor máximo (Figura 51), o cenário 4 foi o que apresentou a menor amplitude de variação dos resultados entre as alternativas, variando de 0,148 a 0,23 pontos. Em relação às melhores alternativas (Av₆, Av₁ e IDA-MR), no geral, a alternativa Av₆ apresenta a menor variação de 0,037 pontos (0,173 a 0,21 pontos) entre os cenários, seguida da IDA-MR com 0,04 pontos (0,19 a 0,23 pontos), finalizando com a Av₁ com 0,107 pontos (0,203 a 0,31 pontos).

Desta maneira, para esta simulação no melhor cenário possível a alternativa IDA-MR fica no máximo com 0,23 pontos no cenário 1 referente ao PVF-D (Materiais), e no cenário 2 o PVF-A (Água) é suficiente para atingir uma nota de 0,19 pontos. Enquanto que no cenário 4 novamente o PVF-D (Materiais) é suficiente para atingir 0,23 pontos.

Portanto, considerando os cenários 1, 2 e 4 a variação dos pesos é de 0,04 pontos, demonstrando que os PVFs A (Água) e D (Materiais) contribuem para o valor máximo, mas com pouca variação.

Figura 51 - Comparação entre cenários com valor máximo



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

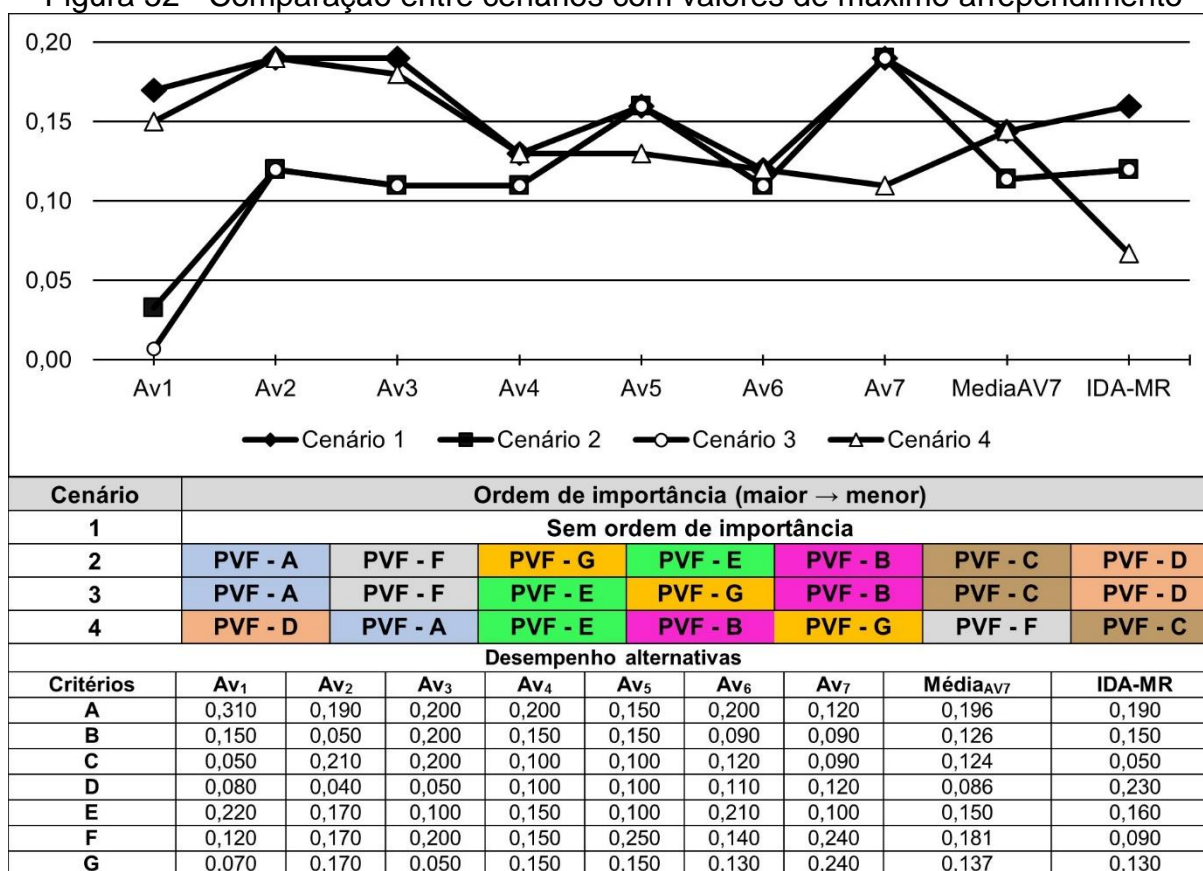
Na Figura 52 estão apresentados os resultados do máximo arrependimento obtido por cada alternativa em cada cenário. No geral, em relação às melhores alternativas (Av₆, Av₁ e IDA-MR), a alternativa Av₆ apresenta a menor variação de 0,01 ponto (0,11 a 0,12 pontos) entre os cenários, seguida da IDA-MR com 0,093 pontos (0,067 a 0,16 pontos), finalizando com a Av₁ com 0,137 pontos (0,033 a 0,17 pontos).

Desta maneira, para esta simulação a alternativa IDA-MR apresenta o maior arrependimento máximo quando comparada com a alternativa Av₂ (priorizado o PVF-C (Jurídico)) no cenário 1 com 0,16 pontos, Av₁ no cenário 2 com 0,12 pontos

(priorizado o PVF-A (Água)) e Av₇ no cenário 4 com 0,067 pontos (priorizados proporcionalmente os PVFs B (Gestão), F (Segurança viária) e G (Socioambiental)).

Logo, considerando estes cenários os PVFs apresentaram uma variação menor que 0,10 pontos. Além disso, com estas análises observa-se que a variação dos resultados ficou abaixo de 0,10 pontos, independente da comparação e priorização realizada.

Figura 52 - Comparação entre cenários com valores de máximo arrependimento



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2018.

Desta forma, através da análise robusta obtida nestes quatro cenários observa-se que os pesos adotados pelos decisores desta pesquisa para os PVFs estão em concomitância com a maioria dos decisores de Jesus (2015). Contudo, ressalta-se a necessidade da avaliação em campo para coleta de dados e comparação de resultados entre diferentes trechos, realizando uma análise de sensibilidade também com os critérios de avaliação.

6.4 PARTICULARIDADES DO IDA-MR

Salienta-se que, em função do IDA-MR ser baseado na opinião de diversos profissionais de uma determinada região, alguns critérios de avaliação são específicos de determinada localidade, ou seja, alguns critérios poderão ser empregados em apenas determinadas regiões do Brasil. Desta forma, para o caso em que algum critério de avaliação não se aplique, este deverá ser desconsiderado na composição do IDA-MR e terá que ser feita à redistribuição dos pesos seguindo a mesma proporção quando na existência deste critério.

7 CONCLUSÕES

O objetivo principal desta pesquisa foi atendido com o desenvolvimento do IDA-MR com base na metodologia MACBETH e fundamentado nos critérios e indicadores ambientais oriundos da opinião de especialistas obtida pela MCDA-C.

De modo geral, esta pesquisa permitiu verificar, por meio da revisão bibliográfica apresentada, que no Brasil há carência de estudos voltados para a criação de um modelo de avaliação de impactos ambientais gerados durante a manutenção rodoviária. Vale salientar que se entende por manutenção rodoviária todas as atividades necessárias durante a operação de uma rodovia, não se limitando apenas aos serviços de manutenção no pavimento.

Também foi possível identificar que a maioria das preocupações dos especialistas entrevistados está presente nos procedimentos e diretrizes básicas dos manuais e estudos voltados para gestão ambiental rodoviária do DNIT.

Durante a análise dos dados originais foi possível observar que a metodologia MCDA-C possibilitou a captação e tradução das opiniões dos entrevistados através da elaboração dos critérios e indicadores. Contudo, quando foram observados os mecanismos sugeridos para a mensuração, verificou-se que algumas medidas não seriam de fácil execução e controle. Logo, houve a necessidade do aprimoramento da descrição e sua maneira de mensuração. Além disso, alguns itens de avaliação possuem certa regionalidade, ou seja, são problemas e situações que podem ser exclusivos para cada cidade sede das regionais do DER/PR.

Portanto, durante a aplicação do IDA-MR em outras localidades, pode ser que algum critério não seja necessário para aquela localidade. O indicador deverá ser excluído e os pesos dentro do seu respectivo PVF devem ser redistribuídos entre os critérios restantes aplicando para o caso de não haver necessidade de determinado PVF.

Na etapa de determinação dos níveis de desempenho foi possível encontrar algumas medidas já padronizadas em manuais desenvolvidos pelos órgãos rodoviários, auxiliando na definição dos níveis de referência. Desse modo, a caracterização destes níveis de referência auxiliou na etapa de obtenção da função de valor de cada critério.

No início a etapa de julgamento da atratividade foi complexa, pois a utilização da escala semântica dificulta o julgamento dos decisores se comparada com uma

escala numérica. Entretanto, percebeu-se a adaptação à forma de avaliação de acordo com a atratividade entre as opções. Este método pode ser demorado, dependendo do volume de dados a ser julgado.

Em relação à função de valor dos critérios, estas se apresentam de maneira simples e intuitiva, pois dependendo da avaliação do indicador apenas é necessária a correlação deste na função de valor, seja graficamente ou através da obtenção da equação da reta. Já para os critérios qualitativos a obtenção do resultado é direta, pois existem apenas os níveis estabelecidos, sem a presença de níveis intermediários.

Tendo em vista a existência de vários critérios, destaca-se que, em geral, eles estão relacionados com a existência de programas, medidas ou procedimentos para controle, minimização e monitoramento das resultantes dos serviços de manutenção viária que causam impactos ambientais, como também indicadores ambientais quantitativos que visam à mensuração destes impactos.

De acordo com os resultados alcançados foi possível desenvolver um índice, concatenando as opiniões de diferentes especialistas de diversas áreas. A sua confiabilidade e validade para o monitoramento dos impactos ambientais gerados pelos serviços de manutenção rodoviária foram verificadas por meio do método *VIP Analysis*. A partir da análise realizada concluiu-se que os pesos sugeridos pelos decisores desta pesquisa para o PVFs estão em sincronia com a opinião dos decisores do DER/PR, além de apresentarem resultados com variação de até 0,10 pontos independentemente da situação analisada e critérios priorizados, demonstrando a viabilidade do índice desenvolvido para ser utilizado como ferramenta de avaliação de desempenho ambiental da manutenção rodoviária.

Diante destas considerações espera-se que esta pesquisa possa ser utilizada para auxiliar os gestores na análise dos impactos ambientais em obras de manutenção viária. Assim, a partir de uma ferramenta confiável será possível que os responsáveis pelos empreendimentos verifiquem os pontos vulneráveis e passíveis de melhorias para que se atinja um nível adequado de desempenho ambiental. Além disso, pretende-se que este estudo possibilite a padronização das informações necessárias para a mensuração dos critérios de avaliação.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho é direcionado para os serviços de manutenção rodoviária, mas pode ser empregado em outras atividades.

Algumas sugestões para a continuação deste trabalho são:

- Realizar o procedimento de julgamento de atratividade com a participação de todos os especialistas envolvidos na elaboração dos critérios e indicadores ambientais;
- Apresentar e validar o IDA-MR com os gestores do DER-PR, observando suas críticas e sugestões;
- Avaliar o índice desenvolvido através de teste experimental em trechos fiscalizados pelo DER.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINI, F.; FÁVERI, J. F.; WEISS, L.; SCHAADE, N. G.; FELÁCIO, R. L. Multicritério de apoio a decisão e o aumento de equipe na vigilância sanitária de Agrolândia-SC. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, SEGet, 6, Resende. **Anais...** Resende, 2009. p. 206-220.

ALMEIDA FILHO, A. T.; CAVALCANTE, C. A.; ALMEIDA, A. T. Seleção de ferramenta computacional de apoio a decisão pelo método *VIP Analysis*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 25, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005. p. 2988-2995.

ANDRADE, M. C. F. Gestão Ambiental: práticas, condicionantes e evolução. **Revista de Administração IMED**, Passo Fundo, v. 2, n. 2, p. 138-150, 2012.

ANTUNES, M. L.; MARECOS, V. Aplicação de indicadores ambientais na gestão de infraestruturas rodoviárias. In: CONGRESSO RODOVIÁRIO PORTUGUÊS, CRP, n. 7, 2013, Lisboa. **Anais...** Lisboa: CRP, 2013. p. 1-9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.112/2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a. p. 7.

_____. **NBR 15.113/2004. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b. p. 12.

_____. **NBR 15.114/2004. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c. p. 7.

BANA e COSTA, C. A.; ÂNGULO-MEZA, L.; OLIVEIRA, M. D. O método MACBETH e aplicação no Brasil. **ENGEVISTA**, v. 15, n. 1. p. 3-27, abr. 2013.

BANA e COSTA, C. A.; CORRÊA, E. C.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. Facilitating bid evaluation in public call for tenders: A socio-technical approach. **Omega**, v. 30, p. 227-242, 2002.

BANA e COSTA, C. A.; FERREIRA, J. A. A.; CORRÊA, E. C. **Metodologia multicritério de apoio à avaliação de propostas em concursos públicos**, In: Casos de aplicação da investigação operacional, C.H. Antunes, L.V. Tavares, McGraw-Hill, p. 337-363, 2000.

BANA e COSTA, C. A.; LOURENÇO, J. C.; OLIVEIRA, M. D.; BANA e COSTA, J. C. A Socio-Technical Approach for Group Decision Support in Public Strategic Planning: The Pernambuco PPA case. **Group Decision and Negotiation**, v. 23, n. 1, p. 5-29, 2012.

BANA e COSTA C. A., SILVA, P. A. da; CORREIA, F. N. Multicriteria evaluation of flood control measures: the case of ribeira do livramento. **Water Resources Management**, Netherland, v. 18, p. 263-283, 2014.

BANA e COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. MACBETH - an interactive path towards the construction of cardinal value functions. **Int. Trans. in Oper. Res.**, v.1, p. 489-500, 1994.

BANA e COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C.; DE CORTE, J. M. "MACBETH", Working Paper **LSEOR 03.56**, London School of Economics, UK, 2003.

BANA e COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C.; DE CORTE, J. M. On the mathematical foundations of Macbeth. In: Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M. (eds.) **Multiple Criteria Decision Analysis: state of the art surveys**. London, Kluwer Academic Publishers, 2005.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Construção de um modelo de avaliação de desempenho para a gestão financeira de uma empresa de informática. **Revista CAP**, v. 4, n. 4, p. 12-22, 2010.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 1, 23 de janeiro de 1986. Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de fev. 1986.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 5, 5 de agosto de 1993. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. (Revogadas as disposições que tratam de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde pela Resolução nº 358/05)**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 ago. 1993.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 237, 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental e no exercício da competência, bem como as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 dez. 1997.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 307, 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 348, 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 ago. 2004.

_____. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 398, 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do**

Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jun. 2008.

_____. **Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRITO, A. J.; ALMEIDA FILHO, A. T.; ALMEIDA, A. T. Seleção de contratos de manutenção com informações imprecisas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 25, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005. p. 2980-2987.

CAMPOS, L. M. de S.; MELO, D. A. de. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CAMPOS, V. R.; ALMEIDA, A. T. Modelo multicritério de decisão para localização de nova jaguaribara com *VIP Analysis*. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 1, p. 91-107, 2006.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL. 2000. p. 140.

CELAURO, C.; CORRIERE, F.; GUERRIERI, M.; LO CASTO, B.; RIZZO, A. Environmental analysis of different construction techniques and maintenance activities for a typical local road. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3482-3489, 2016.

CHAVES, M. C. C.; GOMES JUNIOR, S. F.; PEREIRA, E. R.; MELLO, J. C. C. B. Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula. **Produção**, v. 1, n. 20, p. 102-113, 2010.

CHAVES, M. C. C.; MAGALHAES, L. B.; CASTRONEVES, T.; PEREIRA, E. R.; GOMES, C. F. S. Estudo de apoio à decisão: a escolha do 'Camisa 10' ideal baseado no Método MACBETH. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 8, p. 113-128, 2016.

CHAVES, M. C. C.; RAMOS, T. G.; BARROS, T. D.; MELLO, J. C. C. B. Uso integrado de dois métodos de apoio à decisão multicritério: *VIP ANALYSIS* e MACBETH. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 89-99, 2010.

CHEN, Y.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. A case-based distance method for screening in multiple-criteria decision aid. **Omega**, v. 1, n. 36, p. 373-383, 2008.

CICILIATO, R. C. **Avaliação de prioridades relativas à não conformidades ambientais para empreendimentos rodoviários em fase de instalação**. 2016. 150 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

COSTA, P. H. S.; GRANEMANN, S. R. Proposta de metodologia para classificar as empresas de transporte rodoviário interestadual semiurbano de passageiros por nível de serviço. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E TRANSPORTES DA ANPET, 29, 2015, Ouro Preto. **Anais...** ANPET, 2015. p. 1155-1158.

COSTA, R. M. **O papel da supervisão ambiental e proposta de avaliação de desempenho ambiental em obras rodoviárias**. 2010. 357 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

COSTA, R. M.; SÁNCHEZ, L. E. Avaliação do desempenho ambiental de obras de recuperação de rodovias. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 247-254, 2010.

DIAS, L.; CLÍMACO, J. Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: The VIP Analysis Software. **Journal of Operational Research Society**, n. 51, p. 1070-1082, 2000.

DÍAZ, O. L. C.; SILVA, L. C. M. Criterios de sostenibilidad en el subsector vial. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, v. 25, n. 2, p. 81-98, 2015.

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA (DERBA). **Manual de Procedimentos Ambientais**. Salvador, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Programas de comunicação social nos empreendimentos de infraestrutura rodoviária**. Brasília, 2013.

_____. **Manual de vegetação rodoviária**. Rio de Janeiro, v.1, 2009.

_____. **Manual de acesso de propriedades marginais a rodovias federais**. Rio de Janeiro, 2006a.

_____. **Manual de conservação rodoviária**. Rio de Janeiro, ed. 2, 2005a.

_____. **Manual para atividades ambientais rodoviárias**. Rio de Janeiro, 2006b.

_____. **Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos**. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **Monitoramento e mitigação de atropelamentos de fauna**. Rio de Janeiro, 2012.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, E.; ZANELLA, I. J. Structuring a Real-World MCDA Application. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 17, Congresso Internacional de Engenharia Industrial, 3, Gramado. **Anais...** 1997, p. 1-8.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. D.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010.

GALLARDO, A. L. C. F.; SÁNCHEZ, L. E. Follow-up of a road building scheme in a fragile environment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, n. 2, p. 47-58, 2004.

GOMES, C. F. S. Using MCDA methods THOR in an application for outranking the ballast water management options. **Revista Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.25, n.1, p.11-28, 2005.

GOMES, E. G.; ALENCAR, M. C. F. Proposição de um índice de produção para bibliotecas com uso do método MACBETH. **ENGEVISTA**, v. 7, n. 1, p. 21-31, 2005.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. Rio de Janeiro: Ed. Thomson, p. 168, 2003.

GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 2, p. 151-169, 2012.

GOMES JUNIOR, S. F.; CHAVES, M. C. C.; PEREIRA, E. R.; MELLO, J. C. C. B.; LIMA, G. B. A. Integração de métodos multicritério na busca da sustentabilidade agrícola para a produção de tomates no município de São Jose de UBA-RJ. **Pesquisa Operacional**, v. 1, n. 31, p. 157-171, 2011.

JESUS, F. G. **Indicadores de desempenho para a gestão ambiental dos serviços de manutenção rodoviária**. 2015. 145 p. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

JUNGLES, A. E. **Cartilha prevenção de riscos de desastres**. Laboratório Herbert de Souza. 2012. 42 p.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: preferences and value tradeoffs**. New York: John Wiley & Sons, 1975. 1131 p.

LACERDA, F. G.; CHAVES, M. C. C.; GOMES JÚNIOR, S. F.; MELLO, J. C. C. B. S. Aplicação de método multicritério otimista para avaliação de desempenho e ocorrência de *home advantage* em esportes: o caso dos jogos pan-americanos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 28, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. p. 1-11.

LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Uma abordagem multicritério para a priorização de vias pavimentadas. **Transportes**, v. 17, n. 1, p. 27-38, jun. 2009.

LIMA, M. A.; LIMA, M. V. A.; LIMA, C. R. M. SINAES e a avaliação dos cursos de graduação: a metodologia MCDA-C pode ajudar? **Revista Gestão Universitária na América Latina (GUAL)**, v. 6, n. 3, p. 61-85, 2013.

LISBOA, M. V. Avaliações ambientais estratégicas de rodovias com a utilização de métodos multicriteriais de auxílio à tomada de decisão. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 5, Caxias do Sul. **Anais...** 2003. p.1-23.

LONGARAY, A. A.; ENSSLIN, L. Uso da MCDA-C na avaliação de desempenho das Atividades de Trade Marketing de uma indústria do setor farmacêutico brasileiro. In: ENADI - ENCONTRO NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA ANPAD, 4, Bento Gonçalves. **Anais...** 2013. p. 1-16.

LUZ, S. O. C.; SELITTO, M. A.; GOMES, L. P. Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 557-570, 2006.

MACHADO, T. P. S. de O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Desenvolvimento de produtos usando a abordagem MCDA-C. **Production**, v. 25, p. 542-559, 2015.

MADEIRA JUNIOR, A. G.; NASCIMENTO, L. F.; SEIXAS, M. R.; BELDERRAIN, M. C. N. Avaliação Multicritério dos Portos quanto à sustentabilidade: TODIM x MACBETH. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES OPERACIONAIS EM ÁREAS DE DEFESA, 12, São José dos Campos. **Anais...** 2010. p. 1-6.

MARTINS, J. B. **Sistema de informações para o gerenciamento ambiental da operação rodoviária**. 2005. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, 2005.

MIRANDA, C. M. G.; ALMEIDA, A. T. Visão multicritério da avaliação de programas de pós-graduação pela CAPES: o caso da área Engenharia III baseado nos métodos ELECTRE II e MAUT. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 1, p. 51-64, 2004.

MUZZOLON JUNIOR, R. Controle ambiental em rodovias. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2014.

NEVES, F. E. S.; HENKES, J. A. A gestão ambiental aplicada na implantação de rodovias no estado de Santa Catarina: um estudo de caso de três rodovias catarinenses e a implementação de um plano de proteção ambiental ao meio socioeconômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 265-349, 2013.

OMENA, M. R. L. A.; SANTOS, E. B. Análise da efetividade da Avaliação de Impactos Ambientais – AIA – da Rodovia SE 100/Sul-Sergipe. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, p. 221–237, 2008.

PAIVA, K. **Subsídios para Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental para Operação de Rodovias**. 2004. 107 p. Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, 2004.

PANAZZOLO, A. P.; FRANTZ, L. T.; AURÉLIO, S. O. S.; COSTA, F. L.; MUNOZ, C. Gestão ambiental na construção de rodovias – O caso da BR-448 – Rodovia do Parque. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 3, Bento Gonçalves. **Anais...** 2012. p. 1-8.

PELLECUER, L.; ASSAF, G. J.; ST-JACQUES, M. Life cycle environmental benefits of pavement surface maintenance. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 41, n. 8, p. 695-702, 2014.

PERDIGÃO, J. G. L.; FULGÊNCIO, E. V.; SOUSA, S. A. C.; MAGALHÃES NETO, J. B.; DORNELAS, J. S. Processo decisório: um estudo comparativo da tomada de decisão em organizações de segmentos distintos. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, SEGeT, 9, Resende. **Anais...** 2012. p. 1-17.

PORTO, M. F. S.; SCHÜTZ, G. E. Gestão ambiental e democracia: análise crítica, cenários e desafios. **Ciência e saúde coletiva**, v. 17, p. 1447-1456, 2012.

RANGEL, L. A. D; GOMES, L. F. A. M. O apoio multicritério à decisão na avaliação de candidatos. **Revista Produção**, v. 20, n. 1, p. 92-101, jan./mar. 2010.

RATTON, P.; SOBANSKI, M. B.; RATTON, E. Gestão ambiental de empreendimentos rodoviários estudo de caso – BR-262/MS. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, RAPv 42, ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, ENACOR, 16, Gramados. **Anais...** 2013. p. 1-13.

ROCHA, V. J. **Gestão ambiental no setor rodoviário brasileiro: o caso da pavimentação da BR-163 no estado do Pará**. 2006. 115 p. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ROCHA, V. J.; FERREIRA, M. M. O licenciamento como instrumento de gestão ambiental rodoviária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, CONGESTAS, João Pessoa. **Anais...** 2014. v. 2. p. 117-121.

RODRIGUES, E. C. C. **Metodologia para investigação da percepção das inovações na usabilidade do sistema metroviário – uma abordagem antropotecnológica**. 2014. 284 p. Tese de doutorado em transportes, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. On Common Sense and Environmental Impact Assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 24, p. 10-11, 2006.

SINAY, L.; TAMAYO, A. S.; FOGLIATTI, M. C. Avaliação de características físicas e ambientais viárias associadas ao transporte de cargas. O caso do corredor rodoviário centro-oeste brasileiro. **Revista Geografares**, v. 1, p. 1-20, 2012.

TORRES; N. T.; ESPENCHITT, D. G.; LINS, M. P. E. Estudo de caso: metodologias M-MACBETH e SAD-THOR para a tomada de decisão - escolha de um rebocador marítimo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 13, Rio de Janeiro. **Anais...** 2010. p. 1-10.

VENTURA, A. A. V. **Aplicação do método Action Research ao processo de apoio à decisão com o uso do sistema VIP Analysis**. 2012. 385 p. Tese de Doutorado (Faculdade de Economia) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

VILELLA, F. R. **Análise multicritério para a definição do índice de qualidade de fornecimento de energia elétrica por uma distribuidora**. 2009. 157 p. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2009.

VIVIANI, E.; RAMOS, R. A. R.; LAVEZZO, J. A. S. Subsídios à validação de um modelo de gestão de estradas não pavimentadas. In: CONGRESSO LUSO-

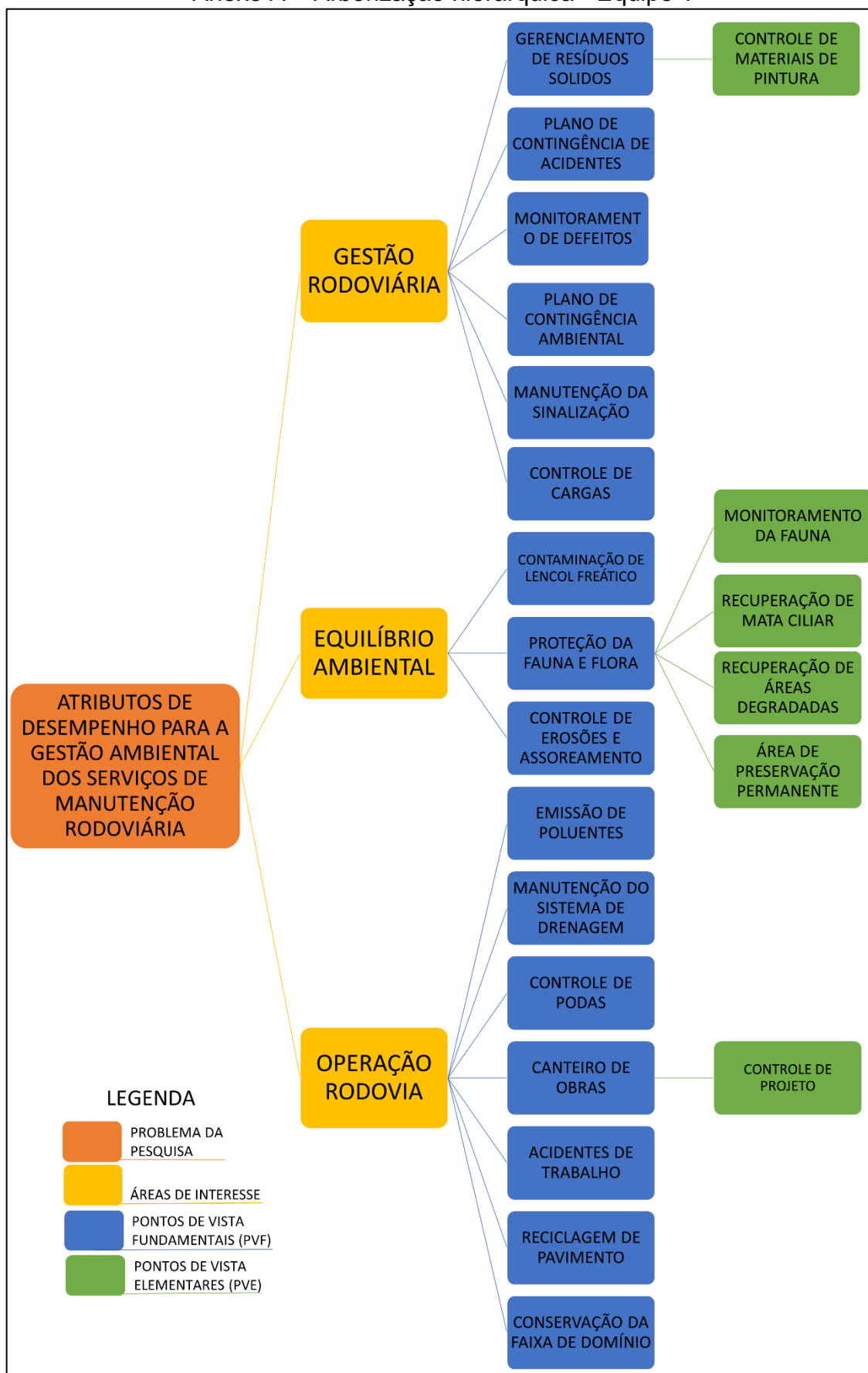
BRASILEIRO PARA PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 6, Lisboa. **Anais...** 2014. p. 909-920.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. A. F.; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 2, p. 183-199, 2005.

ZAMCOPÉ, F. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos um estudo de caso na indústria têxtil. **Gestão & Produção**, v. 17, p. 693-705, 2010.

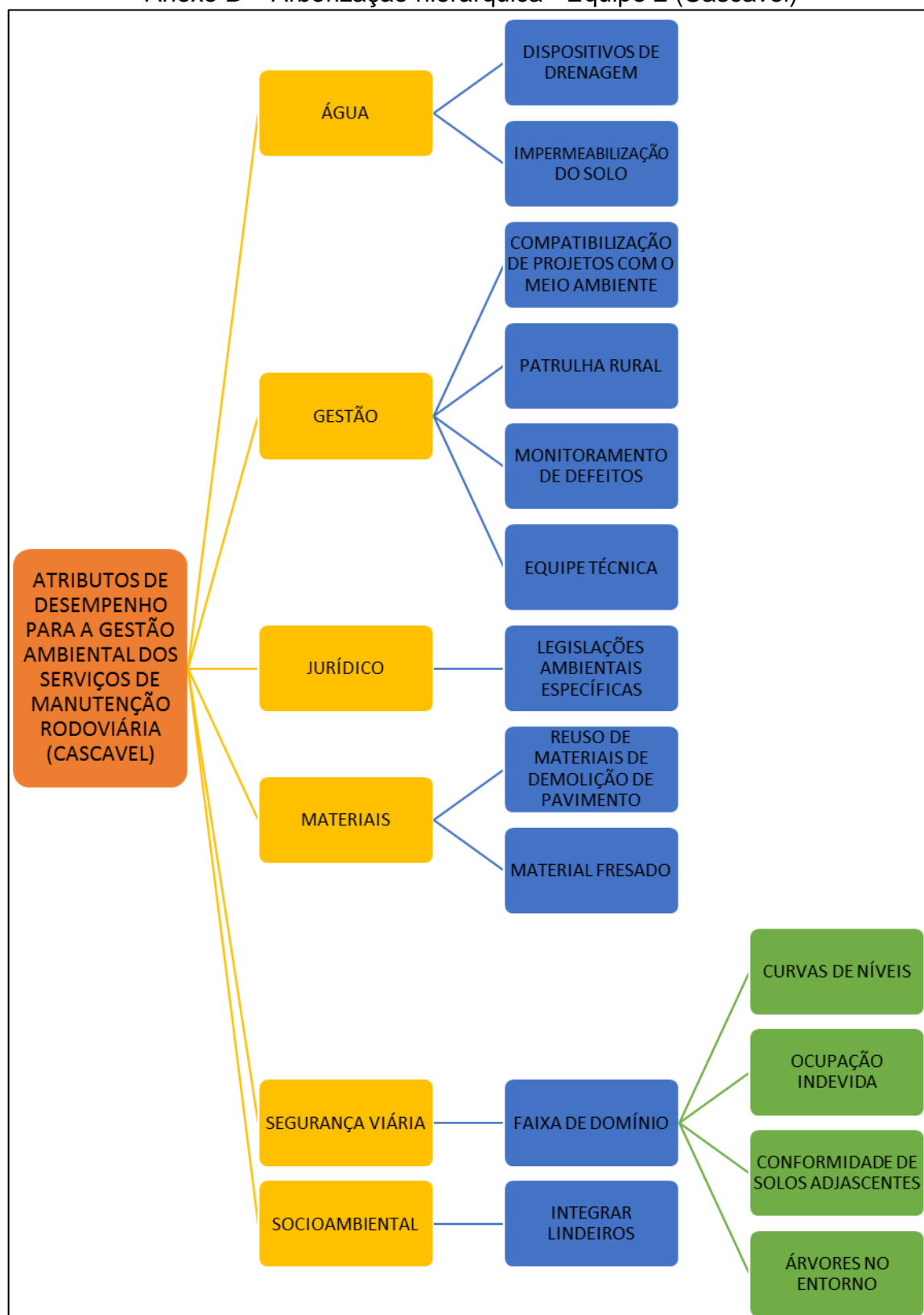
ANEXOS

Anexo A – Arborização hierárquica - Equipe 1



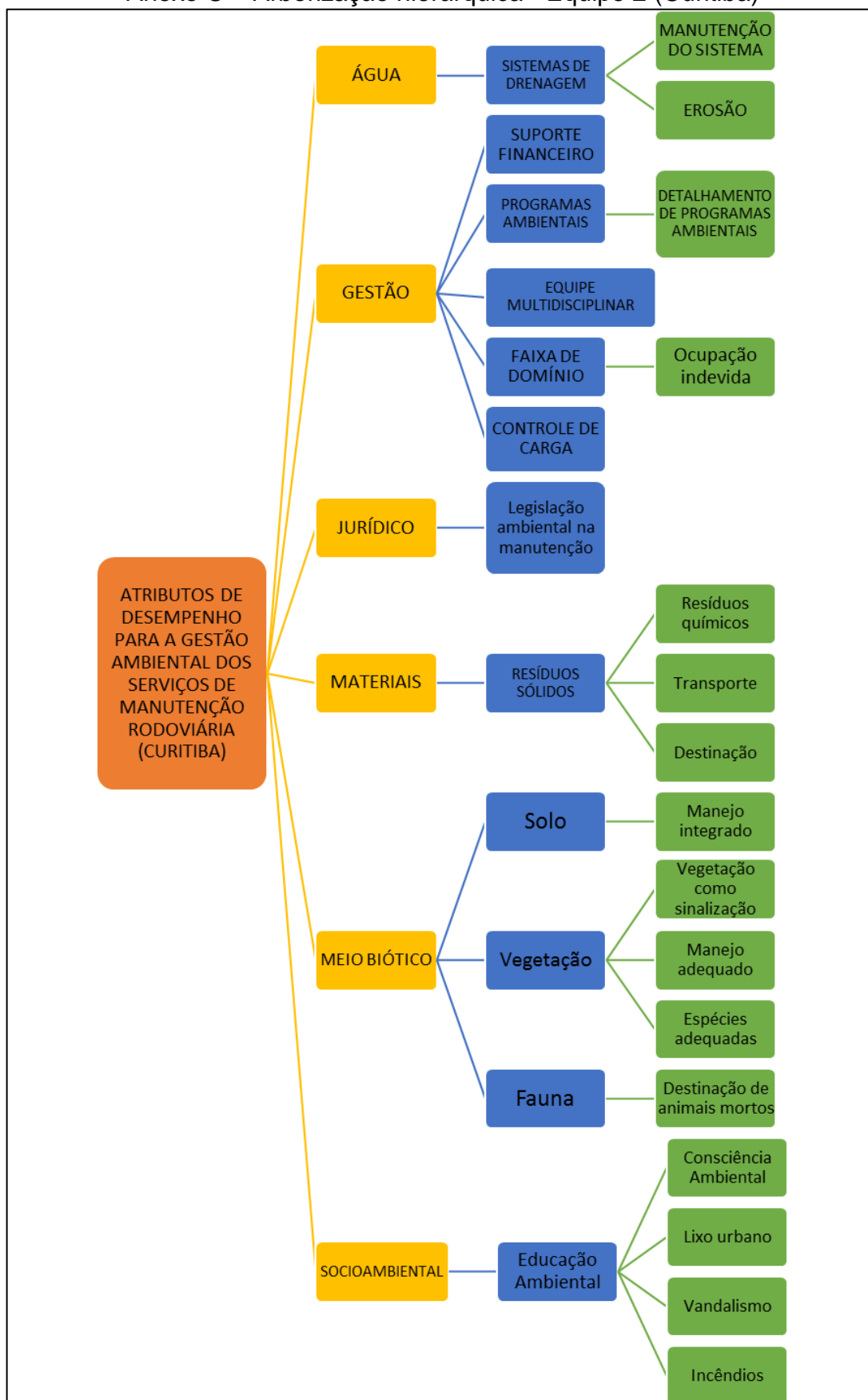
Fonte: Jesus (2015)

Anexo B – Arborização hierárquica - Equipe 2 (Cascavel)



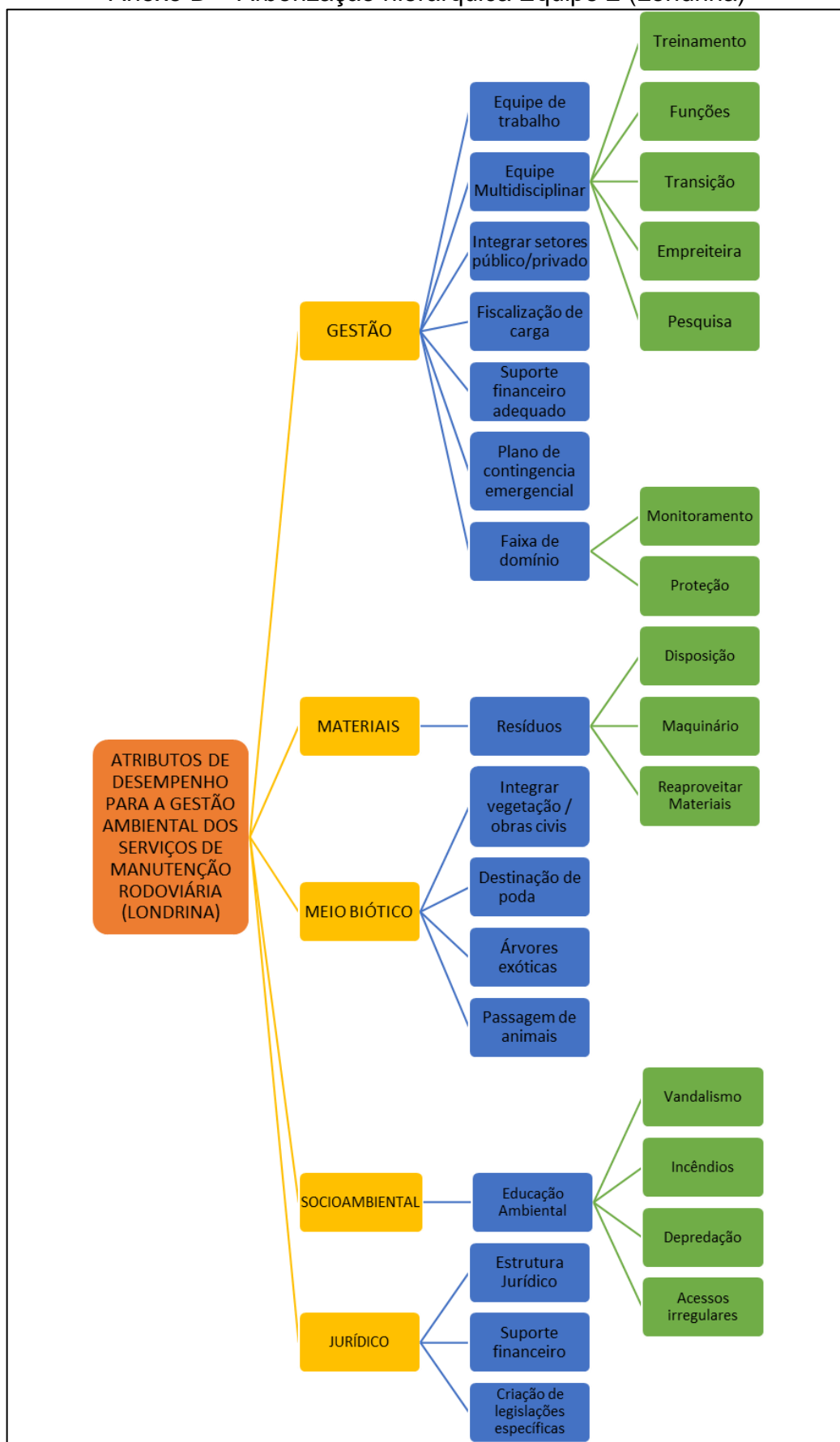
Fonte: Jesus (2015)

Anexo C – Arborização hierárquica - Equipe 2 (Curitiba)



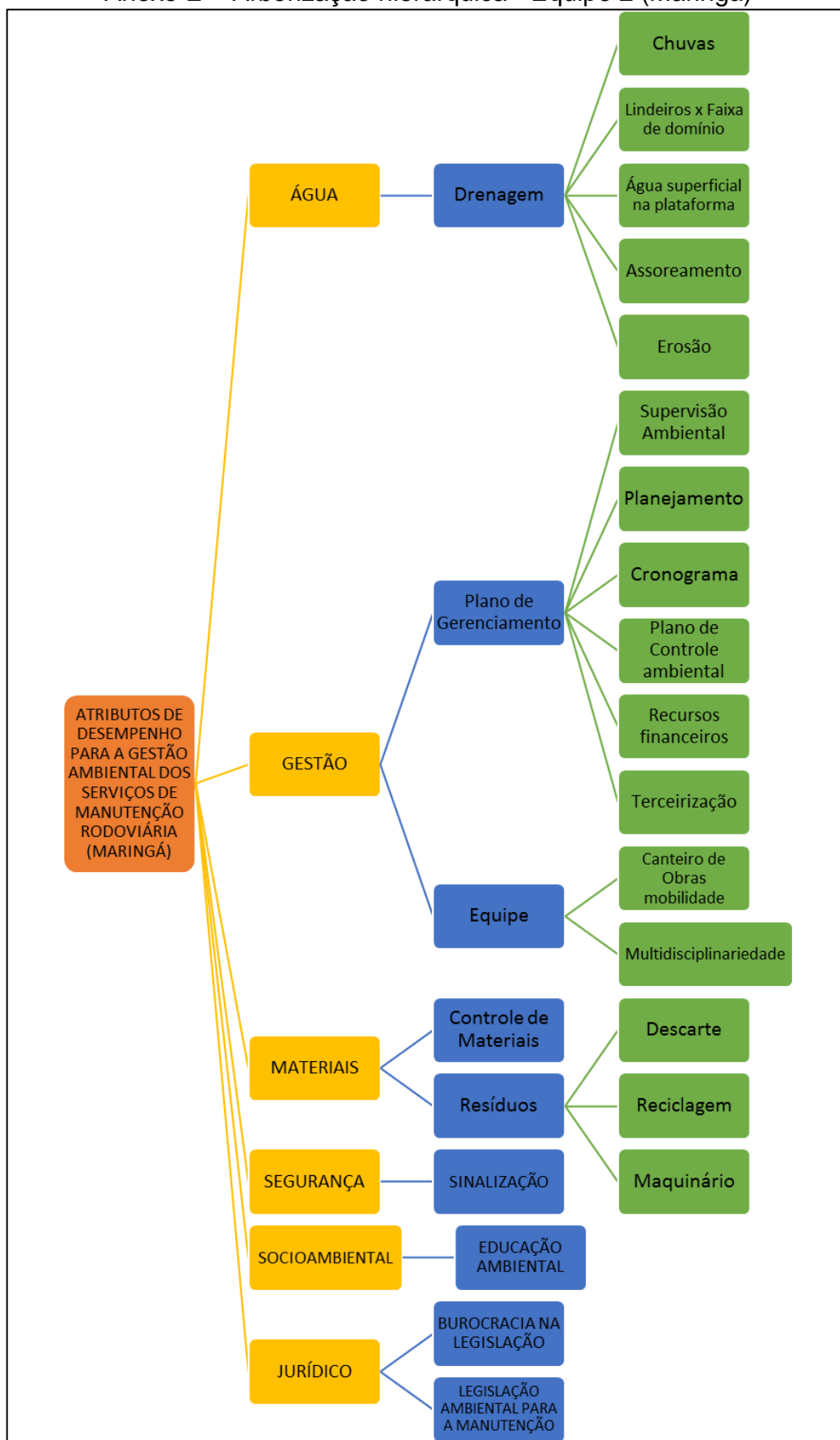
Fonte: Jesus (2015)

Anexo D – Arborização hierárquica Equipe 2 (Londrina)



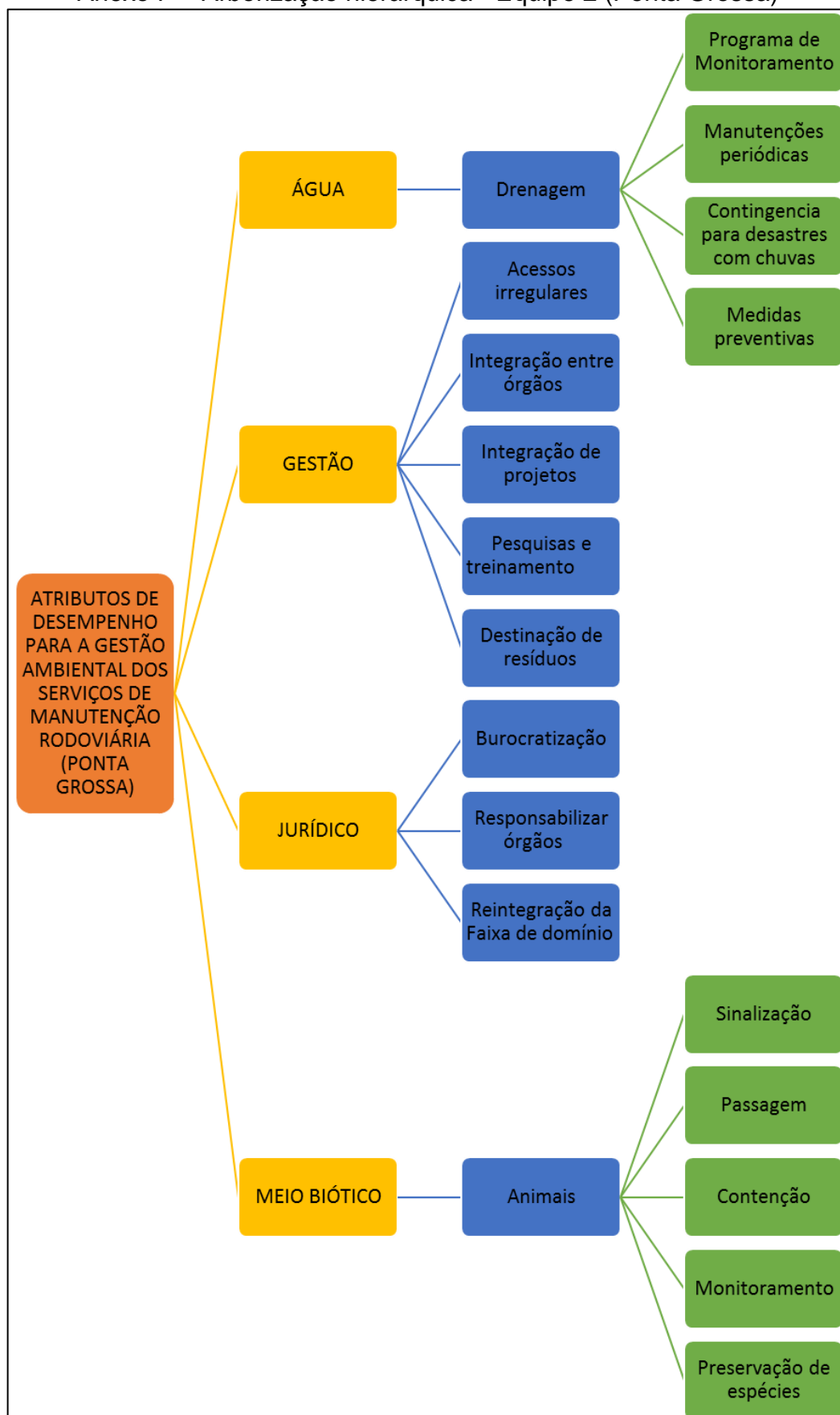
Fonte: Jesus (2015)

Anexo E – Arborização hierárquica - Equipe 2 (Maringá)



Fonte: Jesus (2015)

Anexo F – Arborização hierárquica - Equipe 2 (Ponta Grossa)



Fonte: Jesus (2015)

Anexo G - Indicadores de desempenho da gestão ambiental para os serviços de manutenção rodoviária

ÁREA	ID	CRITÉRIO	Indicador
ÁGUA	A1	Água superficial na plataforma	Área da plataforma com escoamento deficiente (%)
	A2	Assoreamento	Verificação de pontos de assoreamento
	A3	Chuvas	Quantidades de manutenção provocadas por chuvas
	A4	Plano de contingência para desastres com chuvas	Existência do plano de contingência para desastres com chuva
	A5	Erosão	Número de focos de erosão
	A6	Impedibilidade do solo	Área impermeável da faixa de domínio (área/trecho)
	A7	Lindeiros x faixa de domínio	Identificação de proprietários que causam danos à faixa de domínio
	A8	Manutenção dos sistemas de drenagem	Quantidade de manutenções atendidas pela quantidade de dispositivos com defeitos (%)
	A9	Medidas preventivas	Ações para identificar possíveis intervenções nos sistemas de drenagem
	A10	Programa de monitoramento da drenagem	Existência do programa de monitoramento dos sistemas de drenagem
GESTÃO	B1	Acessos irregulares	Quantidade de acessos fechados pela quantidade de acessos irregulares abertos (%)
	B2	Compatibilização de projetos com o meio ambiente	Quantidade de projetos executivos com projetos de meio ambiente
	B3	Balancas de carga	Existência e funcionalidade de balancas para o controle de cargas
	B4	Destinação de resíduos	Destinação correta dos resíduos da manutenção
	B5	Equipe técnica	Atendimento aos PVEs
	B6	Faixa de domínio	Verificação de conformidades quanto ao projeto inicial
	B7	Fiscalização de carga	Medidas para verificar cargas perigosas
	B8	Integração de projetos	Medidas para integrar projetos técnicos e ambientais
	B9	Integração de setores público/privado	Padronização de serviços entre os setores técnicos
	B10	Integração entre órgãos	Atendimento a problemas que relacionam diferentes órgãos e competências
	B11	Manutenção da sinalização	Razão entre os dispositivos de sinalizações mantidos pelos que têm algum defeito
	B12	Monitoramento de defeitos	Programa de monitoramento de defeitos
	B13	Patrulha rural	Programa da patrulha rural
	B14	Pesquisas e treinamento	Treinamentos sobre gestão ambiental no órgão
	B15	Plano de contingência ambiental	Existência do plano de contingência ambiental
	B16	Plano de contingência de acidentes	Existência do plano de contingência de acidentes
	B17	Plano de gerenciamento	Existência do plano de gerenciamento
	B18	Programas ambientais	Existência de planos ambientais atendidos
	B19	Suporte financeiro	Existência de fundos monetários para projetos ambientais
EQUIPE	B61	Empreiteira	Porcentagem de atendimentos aos planos ambientais
	B62	Equipe multidisciplinar	Diversidade de profissionais para tarefa ambiental
	B63	Funções	Especificação das funções
	B64	Pesquisa	Tempo de pesquisa dentro do setor ambiental
	B65	Transição	Tempo para transição de cargo
	B66	Treinamento	Realização de treinamentos para a questão ambiental
	JURÍDICO	C1	Legislações ambientais específicas	Atendimento às legislações ambientais
C2		Burocracia na legislação	Tempo de resolução de problemas burocráticos
C3		Burocratização no órgão	Dificuldade para executar algum serviço ou projeto
C4		Responsabilização dos órgãos	Determinação das responsabilidades de cada órgão
C5		Reintegração da faixa de domínio	Medidas para reintegrar a faixa de domínio
C6		Estrutura jurídica	Existência do departamento jurídico por superintendência do órgão
C7		Suporte financeiro	Valores monetários para programas ambientais
MATERIAIS	D1	Controle de materiais	Porcentagem de materiais gastos por período
	D2	Controle de materiais de pintura	Quantidade de materiais de pintura gastos por período
	D3	Destinação de resíduos sólidos	Porcentagem de resíduos sólidos destinada corretamente
	D4	Disposição de resíduos de demolição	Porcentagem de resíduos sólidos dispostos corretamente
	D5	Disposição de resíduos de fresado	Porcentagem de resíduos de fresagem dispostos corretamente
	D6	Maquinários obsoletos	Quantidade de máquinas desativadas
	D7	Material fresado	Controle do material de fresagem
	D8	Reaproveitamento de materiais (demolição)	Porcentagem de material retirado da rodovia e com reaproveitamento
	D9	Reciclagem de resíduos	Porcentagem de material reciclado
	D10	Resíduos químicos	Controle dos resíduos químicos
	D11	Transporte de resíduos sólidos	Controle do transporte de resíduos por terceiros na rodovia
MEIO BIÓTICO	E1	Solo	Porcentagem de área de impactos causados ao solo pela rodovia em manutenção
	E2	Fauna	Atendimento aos PVE "FAUNA"
	E3	Vegetação	Atendimento aos PVE "VEGETAÇÃO"
FAUNA	E21	Contenção de animais	Medidas de contenção de animais
	E22	Destinação de animais mortos	Quantidade de animais mortos destinados corretamente
	E23	Monitoramento de espécies de animais	Existência de programa de monitoramento de espécies de animais
	E24	Passagem para animais	Passagens para animais adequadas
	E25	Preservação de espécies	Existência de programa de preservação de espécies de animais
	E26	Sinalização de animais na pista (localização)	Existência de sinalização adequada para aviso de animais na pista
VEGETAÇÃO	E31	Árvores exóticas	Identificação e retirada de árvores exóticas
	E32	Destinação de poda	Porcentagem de m ³ de poda destinada corretamente
	E33	Espécies adequadas	Verificação de espécies de vegetação para os trechos da manutenção
	E34	Integração de vegetação com obras civis	Programa de incentivo à implantação de vegetação em obras civis
	E35	Manejo adequado	Programa de manejo de vegetação
	E36	Vegetação como sinalização	Integração de vegetação como sinalização
SEGURANÇA VIÁRIA	F1	Árvores no entorno	Retirada de árvores no entorno da rodovia (porcentagem retirada)
	F2	Conformidade de solos adjacentes	Verificação da topografia dos solos conforme projetos
	F3	Curvas de níveis	Verificação e melhoria da topografia de solos adjacentes para a rodovia
	F4	Faixa de domínio	Programa de monitoramento de fatores que tem impacto sobre a faixa de domínio
	F5	Ocupação indevida	Porcentagem de desocupações da faixa de domínio
	F6	Sinalização	Manutenção das sinalizações
SOCIOAMBIENTAL	G1	Acessos irregulares	Porcentagem de acessos fechados
	G2	Consciência ambiental	Programas de conscientização
	G3	Depredação	Programas de educação ambiental direcionado para a depredação
	G4	Educação ambiental	Programas de educação ambiental
	G5	Incêndios	Taxa de incêndios controlados por período
	G6	Integração com os lindeiros	Verificação de problemas atendidos em relação aos lindeiros
	G7	Lixo urbano	Programas de educação ambiental direcionados para o problema do lixo urbano nas rodovias
	G8	Vandalismo	Programas de educação ambiental direcionado para o vandalismo

Fonte: Jesus (2015)