



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TAMIRES DA CRUZ SÁ

**APLICAÇÃO DO FITRADEOFF PARA PRIORIZAÇÃO DE TRECHO DE
RODOVIAS FEDERAIS DE PERNAMBUCO**

Caruaru

2021

TAMIRES DA CRUZ SÁ

**APLICAÇÃO DO FITRADEOFF PARA PRIORIZAÇÃO DE TRECHO DE
RODOVIAS FEDERAIS DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Prof^o. Dr. Thalles Vitelli Garcez

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S111a Sá, Tamires da Cruz.
Aplicação do Fittradeoff para priorização de trecho de rodovias federais de Pernambuco. / Tamires da Cruz Sá. – 2021.
44 f.; il. : 30 cm.

Orientador: Thalles Vitelli Garcez.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. Rodovias. 2. Acidentes de trânsito. 3. Multicritério. 4. Micro e pequenas empresas. I. Garcez, Thalles Vitelli (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-025)

TAMIRES DA CRUZ SÁ

**APLICAÇÃO DO FITRADEOFF PARA PRIORIZAÇÃO DE TRECHO DE
RODOVIAS FEDERAIS DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Produção

Aprovada em: 30 de Abril de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.^o. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a. Dr.^a. XXXXXXXXXXX XXXXXXXX (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a. Dr.^a. XXXXXXXXXXX XXXXXXXX (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esse trabalho a minha família, noivo e amigos que pude contar desde o momento de minha aprovação na universidade até esse momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter chegado a esse momento especial na minha vida, aos meus pais, Edvan J. Sá e Maria de L. C. Sá porque em meio às dificuldades na trajetória de suas vidas incentivou o estudo e que através do mesmo pode está transformado vidas. Agradeço a minhas irmãs, Thais L. C. Sá, Tainar C Sá, Tainara C Sá, e Laura C Sá, também a minha prima Mirele B. Santos por todo o carinho, amor e força recebida durante os anos de estudo que passei longe de casa. Agradeço ao meu noivo, Aquim R. Araújo por sempre está ao meu lado em meio às dificuldades e me apoiar nos meus sonhos. E agradeço aos meus amigos Thaila Fernandes, Bruna Castro, Wasley Vasconcelos, Danilo Araújo, parentes, colegas e pessoas muitos especiais que estiveram presentes comigo.

Agradeço aos amigos que fiz durante o meu tempo de estudo na UFPE/CAA, são pessoas que estão presentes na minha vida na área pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador Prof^o Dr. Thalles Garcez, que esteve comigo na pesquisa (PIBIC) e agora me instruindo no TCC, obrigada pela disponibilidade, sabedoria e aprendizado que foram a mim passados.

Agradeço a todos os professores pelo aprendizado e conhecimento passado, pois além de contribuir na minha profissão, foram essências na minha vida pessoal.

RESUMO

O rápido crescimento do tráfego de veículos, especialmente na mobilidade rodoviária motorizada, resulta em um aumento sustentado dos problemas de segurança de acidentes, causando muitas mortes nas estradas que atingiu cerca de 1,35 milhões de pessoas em todo mundo, no ano 2016 (WHO, 2018). Estima-se que cerca de 90% das mortes ocorrem em países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Ao mesmo tempo, esse grupo possui menos da metade dos veículos do planeta (48%), o que mostra que dirigir um veículo é muito mais arriscado nesses países (WHO, 2018). No ano de 2018, os acidentes de trânsito causaram ao Sistema Único de Saúde (SUS) custos de aproximadamente R\$ 265 milhões, sendo que a maior parte desse valor foram destinados a internações hospitalares, atendimentos de urgência e a emergência. Portanto, gerando elevados custos a sociedade (MINISTERIO DA SAÚDE, 2019). Identificar e avaliar a priorização dos trechos de rodovias mais críticos é um problema de decisão multicritério. Para tanto, uma das maiores dificuldades no uso de modelos de suporte à decisão multicritério é a obtenção dos parâmetros dos modelos que refletem a estrutura de preferência do tomador de decisão. A principal característica do método FITradeoff, comparada aos processos de elicitação dos pesos do método tradeoff, é que o FITradeoff trabalha com informações parciais sobre as preferências do decisor (agente da policia rodoviária) e, portanto, requer menos esforço cognitivo por parte do decisor durante o processo de elicitação, possibilitando assim um processo de tomada de decisão transparente que facilita o entendimento do problema (FREJ; DE ALMEIDA; COSTA, 2019). Em análise prévia, verifica-se que as rodovias BR-101/PE e BR-232/PE do estado de Pernambuco apresentam o maior número de acidentes de trânsito. Para tanto, o método FITradeoff foi aplicado nos diversos trechos que compõe essas rodovias a fim de identificar os trechos mais críticos na visão da acidentalidade de trânsito. Como resultado, encontrou-se que o trecho da rodovia BR-101/PE (que corresponde o trecho entre a BR-232/PE e PE-007) é o trecho mais crítico entre os 64 trechos de rodovias analisados, sendo importante a priorização do trecho apresentado. Em suma, observar-se que os trechos não devem ser analisados isoladamente por cada critério, pois pode levar a erros e não representar o cenário real.

Palavras-chave: Acidentes nas rodovias. Trecho de rodovias. FITradeoff. Multicritério.

ABSTRACT

The rapid growth of vehicle traffic, especially in motorized road mobility, results in a sustained increase in accident safety problems, causing many deaths on the roads that reached around 1.35 million people worldwide, in the year 2016 (WHO, 2018). It is estimated that about 90% of deaths occur in developing countries, including Brazil. At the same time, this group owns less than half of the vehicles on the planet (48%), which shows that driving a vehicle is much more risky in these countries (WHO, 2018). In 2018, traffic accidents caused the Unified Health System (SUS) costs of approximately R \$ 265 million, most of which was destined to hospital admissions, urgent care and emergency. Therefore, generating high costs to society (MINISTERIO DA SAÚDE, 2019). Identifying and evaluating the prioritization of the most critical road sections is a problem of multicriteria decision. Therefore, one of the greatest difficulties in the use of models to support multicriteria decision is to obtain the parameters of the models that reflect the preference structure of the decision maker. The main characteristic of the FITradeoff method, compared to the processes of eliciting the weights of the tradeoff method, is that FITradeoff works with partial information about the preferences of the decision maker (road police officer) and, therefore, requires less cognitive effort on the part of the decision maker during the elicitation process, thus enabling a transparent decision-making process that facilitates the understanding of the problem (FREJ; DE ALMEIDA; COSTA, 2019). In a previous analysis, it appears that the highways BR-101 / PE and BR-232 / PE in the state of Pernambuco have the highest number of traffic accidents. To this end, the FITradeoff method was applied to the different stretches that make up these highways in order to identify the most critical stretches in the view of traffic accidentality. As a result, it was found that the stretch of highway BR-101 / PE (which corresponds to the stretch between BR-232 / PE and PE-007) is the most critical stretch among the 64 stretches of analyzed roads, being important the prioritization of the excerpt presented. In short, it should be noted that the stretches should not be analyzed in isolation for each criterion, as it can lead to errors and not represent the real scenario.

Keywords: Road accidents. Highways stretch. FITradeoff. Multicriteria

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Informações dos IDSR das rodovias BR-101/PE e BR-232/PE.....	28
Figura 2 –	Dados de entrada.....	29
Figura 3 –	Primeira pergunta realizada.....	31
Figura 4 –	Ultima pergunta realizada.....	33
Figura 5 –	Diagrama Hasse e as dez primeiras Posições.....	34
Figura 6 –	Intervalo da constante de escala após a ultima resposta do decisor.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Ordem de preferencia do deisor.....	30
Tabela 2 –	Resposta do decisor sobre as perguntas realizadas pelo Software FITradeoff	32
Tabela 3 –	Ranking dos trechos das rodovias BR-101/PE e BR-232/PE e suas ligações.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
3	METODOLOGIA	19
3.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	19
3.2	ÍNDICE DE ACIDENTES POR TRECHOS.....	19
3.3	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	20
3.4	FITRADEOFF.....	22
4	ESTUDO DE CASO	27
5	RESULTADOS	32
6	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIA	39
	APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DOS TRECHOS	42

1 INTRODUÇÃO

O sistema de transporte é um dos setores com maior crescimento, com expansão acelerada na última década, e que contribui significativamente para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) dos países em todo o mundo. Normalmente, o sistema de transporte mais utilizado nos países em desenvolvimento é o meio rodoviário, pois este é considerado mais rápido, conveniente e mais flexível. Portanto, é ideal para viagens de curta e média distância na movimentação de pessoas e mercadorias (CHAKRABORTY ET AL., 2018). No entanto, o rápido crescimento do tráfego em especial a mobilidade rodoviária motorizada, também resultou no aumento contínuo dos problemas relacionados à segurança, que tem ocasionado acidentes que resultaram em muitas mortes e com tendência no aumento dessas mortes, atingindo cerca de 1,35 milhão mortes em 2016, e sendo estimado que em 2030 cerca de 2,4 milhões de mortes em 2030 (BAO et al., 2012; WHO, 2018).

Os acidentes de trânsito foram reconhecidos como um dos problemas de saúde públicas mais impactantes que a humanidade vem enfrentando atualmente (CHEN; WANG; DENG, 2015), principalmente em países desenvolvidos. Os acidentes no trânsito tornaram-se a causa crescente de mortes e lesões, e que provavelmente continuarão a ser um dos problemas de saúde na próxima década.

Além disso, as lesões ocorridas no trânsito provocam perdas econômicas consideráveis para os indivíduos, suas famílias e para o país como um todo. Essas perdas decorrem dos custos com tratamentos (incluindo reabilitação e investigação do acidente), bem como na redução/perda de produtividade. Os acidentes de trânsito custam à maioria dos países cerca de 3% do seu PIB e atualmente, esses acidentes já representam um custo de U\$ 518 bilhões por ano (WHO, 2018).

O Brasil aparece em quinto lugar entre os países recordistas em mortes no trânsito, precedido por Índia, China, EUA e Rússia e seguido por Irã, México, Indonésia, África do Sul e Egito. Juntas, essas dez nações são responsáveis por 62% das mortes por acidente no trânsito. Se seguir as expectativas o Brasil ocupará a terceira posição no ranking dos países do mundo que mais matam no trânsito. O problema torna-se mais grave nos países de média e baixa renda (WHO, 2018). A OMS estima que 90% das mortes acontecem em países em desenvolvimento, entre os quais se incluem o Brasil, ao mesmo tempo, esse grupo possui menos da metade dos veículos do planeta

(48%), o que demonstra que é muito mais arriscado dirigir um veículo — especialmente uma motocicleta — nesses lugares (WHO, 2018).

Segundo o Ministério da Saúde (2019), a cada dez atendimentos por acidente de transporte no Brasil realizados em hospitais do Sistema Único de Saúde (SUS), oito são entre motociclistas. Dados mostram que a população masculina representa 67,1% dos atendimentos nas unidades de saúde e as mulheres 50,1%. Sendo que em 2018, os acidentes de trânsito causaram um custo de R\$ 265 milhões ao Sistema Único de Saúde (SUS), respondendo por boa parte das internações hospitalares e pela maioria dos atendimentos de urgência e emergência, causando altos custos sociais, como cuidados em saúde, perdas materiais e despesas previdenciárias, além de grande sofrimento para as vítimas e seus familiares. Em 2017, o custo foi de R\$ 259 milhões, sendo que mais de 50% das internações envolveram motociclistas.

Dentre os vários fatores que provocam os acidentes de trânsito, destaca-se o uso de álcool, drogas, velocidade incompatível, sistemas de proteção ineficientes, falta do uso de luzes diurnas (DRL), gestão inadequada de veículos, conservação das estradas e traumas (HERMANS et al., 2010). Portanto, o conhecimento e a análise dos panoramas dos acidentes podem auxiliar no planejamento e priorização de programas de prevenção adequados à realidade da rodovia para a minimização dos riscos de acidentes.

Para que haja uma diminuição no número de acidentes de trânsito e a subsequentes perdas de vidas e propriedades humanas, é necessário e urgente que os departamentos de transporte adotem medidas de combate a acidentes de trânsitos. Ao fazer isso, os responsáveis pela segurança pública são obrigados a avaliar a situação de risco da segurança no trânsito. O efeito das contramedidas varia de estado para estado, dependendo de suas políticas, condições de desenvolvimento socioeconômico e cultural (CHEN; WANG; DENG, 2015).

A gestão dos recursos a serem alocados nas intervenções de segurança é um dos aspectos mais importantes da administração. Não se trata apenas dos recursos financeiros necessários, mas também das consequências da inadequada manutenção de estradas, em termos de acidentes rodoviários e/ou, principalmente, danos a pessoas e bens. Ao planejar intervenções de segurança nas rodovias, as autoridades públicas são confrontadas com a necessidade de decidir em quais partes das rodovias ou trechos terão que intervir, em função dos recursos disponíveis (FANCELLO; CARTA; FADDA, 2015).

Obter um ranking que identifique as condições que mais influenciam os acidentes de trânsito e suas consequências mortais em ambientes urbanos, mostra como os índices com uso de multicritério poderiam contribuir para o gerenciamento da segurança rodoviária urbana em comparação com a abordagem tradicional, focada quase exclusivamente em um critério, ou seja, o cálculo dos resultados de segurança no trânsito, como número de acidentes, fatalidades ou ferimentos (CASTRO-NUÑO; ARÉVALO-QUIJADA, 2018).

O Brasil possui um programa chamado Rodovida, que se propõe a desenvolver ações nos trechos mais críticos de acidentalidade com objetivo de preservar vidas, priorizando não só o trabalho de fiscalização, mas de educação para o trânsito. A Operação buscará também extrair da competência de cada ministério e instituição integrante, meios de fomentar novas políticas de segurança viária, incluindo propostas legislativas e operacionais (MINISTERIO DA SAÚDE, 2019).

Os números de acidentes de trânsito tornam-se a principal causa de impactos ao ser humano, causando mortes, lesões e hospitalizações, procedendo elevados custos econômicos e sociais. Buscar realizar intervenção no sistema viário, é fazer melhorias nas estradas, para reduzir o número de mortos e feridos. O estudo dos locais mais críticos é uma forma adequada de estabelecer uma política de melhoria dos níveis de segurança nas estradas. Os acidentes de trânsito são consequência de múltiplos fatores, geralmente agrupados as condições da via (pavimentação, sinalização e geometria), veículos, condutores e pedestres (MARTINS et al., 2020).

1.1 OBJETIVOS

O estudo tem como principal objetivo a ordenação dos trechos mais críticos de acidentes ocorridos na BR 101 e BR 232 que corta o estado de Pernambuco. Para tanto, objetivos específicos foram definidos:

- Realizar a análise dos trechos de acidentes em rodovias federais de Pernambuco;
- Detectar principais critérios a serem utilizados para determinar quais trechos deve ser priorizado;
- Realizar o levantamento do desempenho de cada critério relativo a cada trecho que possibilitar a minimização dos riscos de acidentes em Pernambuco;
- Analisar o método mais apropriado ao problema e a importância dos critérios de acordo com o decisor interessado;

- Identificar os trechos críticos dos acidentes nas rodovias federais de Pernambuco, para auxiliar no processo de decisão dos interessados através da priorização das mesmas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A função das rodovias é promover a livre circulação e o acesso a bens e serviços. No Brasil, a maior parte do tráfego de carga ocorre no meio rodoviário. Apesar dos benefícios potenciais do transporte terrestre, os usuários podem ser vulneráveis e correr risco de acidentes.

A Polícia Rodoviária Federal (PRF) contabiliza aproximadamente 1,85 milhões de acidentes em rodovias federais no Brasil entre 2007 e 2020. Esses acidentes resultaram em aproximadamente 2,53 milhões de feridos e outros 99.000 mortos (PRF, 2020).

É impossível calcular o que representa a perda de uma vida ou os danos psicológicos e traumáticos atribuídos aos envolvidos nestes eventos. Por outro lado, sabe-se que a ocorrência de um acidente acarreta custos que afetam os governos e a sociedade em geral. O valor usado para reparar os danos do acidente pode ser usado para outros fins. Custos estes que incluem despesas médico-hospitalares, resgate de vítimas, remoção de veículos, ações judiciais e danos a veículos.

Conhecer os trechos das rodovias e suas configurações de acidentes de trânsito, bem como a criticidade ocasionada, amplia o entendimento para que o tomador de decisão delibere ações sobre os problemas, o que leva à redução do impacto causado pelos acidentes.

Das 12 rodovias federais (BRs) que cortam o estado de Pernambuco, foram selecionadas para estudo a BR-101/PE e BR-232/PE, por apresentarem um maior número de acidentes dentro do estado.

Um problema prático e real de seleção do trecho das Rodovias é relevante para apoiar o processo de tomada de decisão dos poderes públicos e de organizações privadas, de forma estruturada. Dado que o método FITradeoff oferece suporte à decisão mais fácil e rápido e, comparado a métodos semelhantes, requer menos esforço cognitivo. Portanto, analisar os benefícios do método FITradeoff pela aplicação deste problema abre a possibilidade de explorar a aplicabilidade do método e estruturar adequadamente a tomada de decisões com intuito de facilitar o processo de decisão.

É esperada a ordenação dos trechos das BR's para que os agentes rodoviários possam tomar decisões, então conhecer a realidade dos segmentos das rodovias pernambucanas pode auxiliar no planejamento de programas de prevenção condizentes com a realidade do estado. Diante do exposto, espera-se que este estudo seja visto como fonte de consulta e que seus resultados norteiam as ações das autoridades e da sociedade, em geral, na prevenção e mitigação dos transtornos causados pelos acidentes. A partir dessas considerações, este trabalho se justifica por dedicar esforços no sentido de minimizar os acidentes no trânsito e conseqüentemente as interferências que os mesmo geram ao indivíduo e a população.

Dada a multidimensionalidade do problema estudado, tem-se que a gravidade de cada trecho de rodovia (alternativas) pode ser avaliada com base em diferentes indicadores de desempenho de segurança rodoviária, e que para a problemática de decisão, serão utilizados como critérios os desempenhos das alternativas que serão avaliados (MARTINS, 2020).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura sobre os acidentes nas rodovias, segundo Chen et al. (2016), geralmente são utilizados índices e indicadores para avaliar a eficiência das políticas de segurança viária implementadas, devido às deficiências lógicas do foco tradicional, baseadas unicamente em uma análise das tendências do número de acidentes, fatalidades e lesões. Wegman et al. (2008) observaram que os indicadores de segurança viária detectam a influência das condições que envolvem as rodovias e a execução da segurança, de modo que é medindo o impacto das intervenções realizadas, isso permite comparações entre diferentes áreas geográficas (países, regiões, municípios).

Ao analisar indicadores isoladamente, esses podem apresentar resultados insatisfatórios nos detalhes da causa de acidentes e prevenção de lesões, como, por exemplo, a taxa de mortalidade isoladamente. Será que em um determinado local de uma rodovia que frequentemente ocorrem acidentes com baixo poder de consequência de perda humana (ou seja, às vezes geram alguns feridos com nenhuma morte), mas com grande impacto sobre o trânsito em si (formando quilômetros de engarrafamento), tem menor 'criticidade' sobre o outro trecho, que em situações pontuais geraram acidentes com fatalidade (MARTINS; GARCEZ, 2017).

Portanto, as comparações usando um único indicador específico (parâmetro que descreve segurança ou insegurança) podem acabar com uma classificação totalmente diferente das unidades comparadas, o que é bastante complicado para o tomador de decisão determinar os "melhores desempenhos reais" (CHEN; WANG; DENG, 2015).

Uma comparação simples por indicador mostra, portanto, apenas um pequeno pedaço da imagem de segurança rodoviária, que pode ser enganosa, pois diferentes países podem operar em diferentes circunstâncias, com diferentes pontos focais. Conseqüentemente, para medir o conceito multidimensional de segurança rodoviária que não pode ser capturado por um único indicador, é atraente a exploração de um índice de desempenho composto de segurança rodoviária (BAO et al., 2012).

O desempenho da segurança rodoviária é medido principalmente por meio da abordagem tradicional, usando apenas a taxa de mortalidade (mortes por cabeça de população, veículos etc.) (WEGMAN et al., 2008). Fatores e indicadores não são totalmente independentes um do outro, mostrando uma relação de acoplamento e uma estreita conexão comparando cada indicador individualmente não explica a agregação de indicadores (CHEN et al., 2016).

A composição de um índice como a média de todos os valores do indicador é simples, mas inapropriada. A importância de dois ou mais indicadores pode diferir significativamente entre si e a ideia de compensação total entre boas e más pontuações pode ser inaceitável. Dadas às implicações políticas, o índice deve ser construído de maneira sólida. Portanto, o conceito de ponderação e o campo de agregação devem ser cuidadosamente avaliados (HERMANS et al., 2010).

Cada estado e municípios apresentam suas próprias peculiaridades geográficas demográficas, socioeconômicas e de mobilidade. Atribui um papel predominante aos critérios relacionados ao grau de desenvolvimento urbano e situam-se no topo dos estados com transportes urbanos mais sustentáveis e sistemas avançados de infraestrutura, e que garantem maior proximidade à atenção médica apropriada (CASTRO-NUÑO; ARÉVALO-QUIJADA, 2018). Ainda há muito espaço para melhorar a segurança rodoviária, diminuir o número de acidentes e fatalidades (ROSIC et al., 2017).

Os trechos de um sistema viário podem ser subdividido em estudos direcionados a meios urbanos e meios rurais, de modo que cada trecho rodoviário tem suas peculiaridades com relação às suas características operacionais, geométricas, socioeconômicas, ambiente atravessado, dentre outras (DNIT, 2010).

Os trechos rodoviários de inserção urbana nas regiões metropolitanas brasileiras constituem-se em importantes eixos estruturais, submetidos à dinâmica urbana e suburbana dessas áreas. Esses segmentos rodoviários devem atender concomitantemente a diferentes requisitos locais e regionais em condições de segurança, o que leva cada trecho rodoviário inserido em áreas urbanas a ter, portanto, peculiaridades com relação às suas características operacionais, geométricas e socioeconômicas (CARMO; RAIA JUNIOR, 2016).

Carmo e Raia Junior (2016) constataram que a segurança viária em segmentos urbanos das rodovias federais que apesar de classificadas como “bom” ou “ótimo” no que se referem a padrões da engenharia rodoviária, tais segmentos apresentavam números consideráveis de acidentes (CARMO; RAIA JUNIOR, 2016).

A abordagem multicritério é necessária para estar ajudando os poderes públicos a tomar decisões complexas sobre o uso de fundos públicos em uma estrutura que prioriza um número limitado de opções dentro de um orçamento restrito. Alguns estudiosos consideram uma abordagem como MCDA uma ferramenta valiosa para melhorar o processo político, permitindo que um objetivo específico seja alcançado por

meio de uma escolha de alternativas que leva em consideração vários critérios diferentes e opiniões das partes interessadas (CASTRO-NUÑO; ARÉVALO-QUIJADA, 2018). Šimunović et al. (2010) utilizaram o MCDA para selecionar o melhor local para travessias de pedestres. Guhnemann et al. (2012) usaram a abordagem para planejar a política nacional de segurança no trânsito junto com uma análise de custo benefício. Fancello et al. (2015) utilizaram o método de classificação multicritério o ELECTRE III para classificar os trechos de estrada e realizar intervenção para melhorar as condições de segurança. Sendo utilizada a análise de concordância para comparar diferentes segmentos de estrada em relação à segurança.

Martins et al. (2020) abordaram o método FITradeoff para a priorização de trechos rodoviários, com base em sua criticidade e nos riscos que os usuários enfrentam. Realizado um estudo de caso nas rodovias federais do estado de Pernambuco (Brasil), cada segmento apresenta características diferentes. Para este estudo os autores utilizaram critérios que também consideraram aspectos ligados a seguranças dos usuários da via, uma vez que o decisor era responsável pelo patrulhamento da rodovia.

3 METODOLOGIA

3.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva dos dados é realizada, pois permite organizar, resumir e descrever os mesmos, é composta de diversas técnicas com diagramas e afins (REIS; REIS, 2002). Permitem a explicação de questões contidas em diferentes grupos de dados (BRUNI, 2008).

O uso de estatísticas descritivas pode levar à perda de informações devido à síntese. No entanto, o método torna-se útil porque, além da organização, permite uma apresentação mais clara e simples dos dados, e permite uma compreensão rápida e fácil do objeto de estudo. A descrição foi feita por meio de textos, gráficos e Tabelas a fim de melhor compreender o comportamento das variáveis do fenômeno em estudo. O Microsoft Excel 2010 foi usado para esta etapa. As frequências das variáveis foram registradas por meio de Tabelas dinâmicas, o que facilitou o acesso às frequências e, conseqüentemente, a criação de diagramas e Tabelas.

3.2 ÍNDICE DE ACIDENTES POR TRECHOS

Dada a multidimensionalidade do problema estudado, tem-se que a gravidade de cada trecho de rodovia (alternativas) pode ser avaliada com base em diferentes indicadores de desempenho de segurança rodoviária, que para a problemática de decisão, são utilizados como critérios para os quais os desempenhos das alternativas serão avaliados (MARTINS, 2020). O índice de acidentes foi baseado no que foi utilizado na “Metodologia para Identificação de Segmentos Críticos” (DNIT, 2010).

O Índice de acidentes do segmento j (I_j): O índice de acidentes, relativo ao segmento j , referido a um volume médio de tráfego médio anual é dado pela relação apresentada na Equação 1:

$$I_j = \frac{10^6 n_j}{365(VMDa)_j E_j} \quad (1)$$

Onde,

n_j = número anual de acidentes ocorridos no segmento;

E_j = extensão associada ao segmento j ;

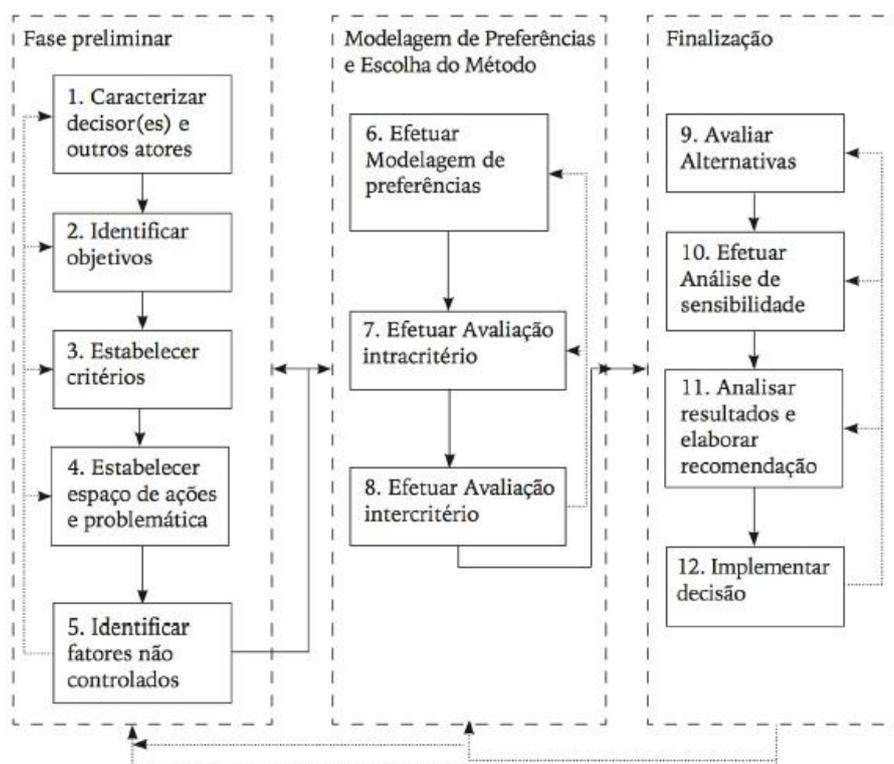
$(VMDa)_j$ = volume médio diário anual, observado no segmento j .

As duas BR's adotadas no estudo da rodovia do estado de Pernambuco significaram as que apresentaram um maior número de acidentes e na definição dos trechos foram segmentados em encontro com outras vias (estadual ou Rodovias) delimitando o seu início e fim, assim como a extensão de cada trecho.

3.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Sabendo que o decisor apresenta uma estrutura de preferência dos critérios, é preciso elucidar os múltiplos objetivos de modo que possa ser representada de maneira formal e simplificada na problemática de decisão, sendo importante observar as várias possibilidades que pode levar a modelos que não seja aplicável. Portanto, é essencial garantir que o modelo seja útil de modo que permita a solução do problema. As possibilidades estão associadas a diferentes hipóteses ou formas distintas de se estabelecer os diversos ingredientes do problema (DE ALMEIDA, 2013).

O procedimento de construção de apoio à decisão, descrito em de Almeida (2013), consiste em três fases principais, onde cada fase é dividida em sub etapas. De acordo com as fases e suas etapas foi possível a identificação e definição do modelo de decisão, que atenda aos objetivos e complexidade do decisor sobre a problemática da criticidade das causas de acidentes.



Fonte: Adaptação de Almeida (2013).

Tem-se a necessidade de identificar quem será o decisor. O tomador de decisão é o agente que faz uma escolha ou opção entre várias alternativas de ação. A pessoa que está frente a alguma situação (DE ALMEIDA, 2013). A decisão envolverá múltiplos critérios, conhecimentos, princípios e valores utilizados pelo tomador de decisão. Desse modo observa que o envolvimento na tomada de decisão é direto e se trata de uma decisão individual.

É importante a realização da identificação da estruturação dos objetivos por ser uma tarefa que apresenta suas dificuldades, cujos fins são sucessivamente confusos com os meios, que podem ser confundidos com metas ou restrições, até mesmo com as alternativas (KEENEY, 1996). Sendo importante a realização de filtragem dos objetivos que o decisor deseja atingir. Sendo possível identificar que se pretende ordenar os trechos de acidentes nas rodovias federais de Pernambuco.

O estabelecimento dos critérios do decisor pode ser explícito ou até mesmo implícito, são importantes para a realização da escolha, sendo a coleta de dados importante para realizar essa identificação. Para cada objetivo serão atribuídos critérios para a representação no processo de modelagem (DE ALMEIDA, 2013). Dentre o banco de dados secundários coletados da página do Departamento da Polícia Rodoviária Federal, foi possível observar que o decisor apresentou os seguintes critérios: vítimas fatais, ferimentos graves, ferimentos leves, acidentes, condições de pavimentação, sinalização e geometria da pista.

Quatro critérios são contínuos e quantitativos para medir a criticidade das estradas. O decisor deseja maximizá-los porque deseja determinar qual seção da estrada tem as piores taxas que os tornam críticos. Os índices descritos são calculados a partir da equação (1) associada ao segmento de estrada.

Já os critérios qualitativos como o pavimento busca apresentar as características da pista, tendo em consideração e descrevendo informações sobre o estado do mesmo, a velocidade em função do estado da via e a presença de pontos críticos, os quais são descritos em escala nominal; O critério sinalização identifica a presença e as condições de sinalização tanto horizontal (tachão central e laterais), como sinalização vertical (presença de placas); o critério geometria identifica às condições das propriedades geométricas da via, divididas em tipo de via, perfil da via, a presença de uma via adicional, a presença de pontes e viadutos, a presença de curvas perigosas e o estado da curva perigosa. Para esses critérios, de acordo como mostrado no (Apêndice A), as

alternativas podem ter cinco possíveis desempenhos, são eles: Ótimo, Bom, Regular, Ruim, Péssimo.

3.4 FITRADEOFF

A abordagem Multicritério (MCDM) examina situações onde objetivas múltiplas e conflitantes devem ser alcançadas. Várias medidas podem ser tomadas para resolver essas situações (comumente chamadas de problemas) (ALMEIDA, 2013). Uma das maiores dificuldades no uso de modelos de suporte à decisão multicritério é obter os parâmetros necessários para validar os critérios. A fase de avaliação entre os critérios, que leva em consideração a combinação dos diferentes critérios, pode ser vista como uma das mais difíceis para os tomadores de decisão utilizar um método multicritério (ALMEIDA, 2013).

O decisor precisa de ferramenta para escolher os métodos que oferecem o melhor resultado, o que está profundamente relacionado à análise de sensibilidade do índice composto método que, em termos de segurança rodoviária (ROSIC et al., 2017).

Os modelos de decisão multicritério são usados nos processos de tomada de decisão para apoiar a escolha entre diferentes alternativas em problemas complexos. Deve incorporar a estrutura de preferências do decisor para o problema em questão (DE ALMEIDA, 2013; FIGUEIRA et al., 2017).

A abordagem MCDA é usada para determinar o conjunto de fatores que devem ser priorizados para minimizar acidentes e fatalidades no trânsito urbano (CASTRO-NUÑO; ARÉVALO-QUIJADA, 2018).

Dentre os diversos métodos, o FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) utiliza o conceito de determinação flexível. Para de Almeida et al. (2016), o tomador de decisão deve fazer um grande esforço cognitivo para identificar os procedimentos de compromisso, pois ao escolher entre consequências são utilizadas relações de indiferença e o decisor deve especificar o valor exato de um critério que causa indiferença entre as consequências. Como resultado, o processo nem sempre produz resultados confiáveis e, às vezes, o tomador de decisão não se sente confiante para determinar esse valor. Especificar esse exato ponto de indiferença não é tarefa fácil para o tomador de decisão, pois requer um alto esforço cognitivo (de ALMEIDA et al., 2016) e consequentemente resulta no método com alto índice de inconsistências - 67% segundo o estudo (BORCHERDING, K., EPPEL, T., VON WINTERFELDT, 1991).

A principal característica desta nova metodologia em comparação com o método tradicional de encontrar compromissos é que o FITradeoff trabalha com informações parciais sobre as preferências do decisor e, portanto, requer menos esforço cognitivo por parte do mesmo durante o processo de determinação, possibilita um processo de tomada de decisão transparente e facilita o entendimento do problema. Para de Almeida et al. (2016), o FITradeoff pode ajudar os tomadores de decisão a reduzir seus erros de pesquisa.

Existe um custo cognitivo associado a cada pergunta respondida pelo tomador de decisão (HOLLOWAY; III, 2003). O método FITradeoff tenta reduzir o esforço cognitivo do tomador de decisão de forma que os custos também sejam reduzidos, a fim de apoiá-lo na seleção de alternativas com o mínimo de informações possível. Relações de preferência estritas são usadas aqui, pois o tomador de decisão pode mais facilmente dizer qual consequência é preferível a definir um valor exato para um determinado critério para se tornar indiferente (HOLLOWAY; III, 2003).

O problema de ordem ajuda a atribuir as proporções em ordem crescente de preferência e a determinar uma ordem definida a partir de um modelo de preferência. Como resultado, é proposta uma ordem total ou parcial, formando classes que contêm ações consideradas equivalentes (ROY, 1996).

São obtidas informações sobre relações preferenciais sobre pares alternativos que podem ajudar a encontrar a melhor solução a partir da informação recebida do tomador de decisão e aplicada para resolver um problema de programação linear, com o qual as alternativas dominadas devem ser eliminadas com base nas informações já fornecidas (GONZAGA et al., 2016). Em primeiro lugar, o tomador de decisão deve classificar as constantes de escala dos critérios. Em seguida, uma viagem flexível é realizada usando intervalos de constantes de escala para resolver o problema. Para cada questão respondida preferencialmente pelo tomador de decisão, o intervalo das constantes de escala é reduzido para que o tomador de decisão não precise comunicar o valor de indiferença do critério (ALMEIDA, 2013).

O FITradeoff possui uma estrutura axiomática e apresenta um processo flexível e interativo que permite o modelo de decisão recomendar a melhor alternativa ao decisor sem fornecer informações com alto custo cognitivo. Ou seja, enquanto o mesmo recebe informações incompletas, ele pode dar ao decisor uma recomendação segundo as respostas relacionadas aos objetivos definidos para o problema, onde nem todas as alternativas precisam ser classificadas (ALMEIDA et al., 2016).

No problema de Ranking o FITradeoff adaptado de Frej et al. (2019), são fornecidas informações que podem ser utilizadas para obter uma classificação parcial ou total, dependendo das informações fornecidas pelo decisor em um determinado ciclo durante a implementação do modelo, para que fique satisfeito com a recomendação dada. Ou seja, mesmo sem uma classificação completa, o decisor pode se contentar com uma classificação parcial que o informe das relações preferenciais para as alternativas de seu maior interesse. A metodologia FITradeoff para o problema de ordenação utilizou o software FITradeoff disponível em <http://fitradeoff.org/>.

O método FITradeoff consiste primeiro em ordenar os critérios de acordo com as informações de preferência informadas pelo decisor. A etapa de classificação de critérios no software FITradeoff pode ser realizada por dois métodos, o método de avaliação holística e o método de comparação de pares.

Na avaliação holística, o decisor tem uma consequência fictícia, cujos resultados incluídos em cada critério são os menos críticos. Em seguida, o mestre é questionado sobre qual critério, assumindo o resultado mais crítico, aumentaria mais a criticidade da consequência. Em sua primeira afirmação, o decisor identifica o critério com maior constante de escala. Em seguida, quando perguntas semelhantes são feitas, os critérios restantes são ordenados de forma que a ordem mostre qual deles aumenta mais a criticidade de consequência, após identificar aqueles de maior impacto, completando assim a classificação dos critérios (FREJ et al., 2019; MARTINS et al., 2020).

No método de comparação de pares, o decisor é apresentado a duas consequências para que ele possa identificar qual é a mais crítica. Cada consequência é representada pelo resultado mais crítico em um critério e pelo menos critério no outro critério, de forma que o critério com o resultado mais crítico é diferente nas duas consequências. Se o decisor escolher a consequência mais crítica, significa que o valor da constante de escala representada pela consequência escolhida é maior do que o valor da constante de escala representada pela outra consequência, embora o valor de nenhuma ainda seja conhecido. O restante da classificação vem das respostas do decisor a perguntas sobre comparações pareadas semelhantes (FREJ et al., 2019; MARTINS et al., 2020).

Depois de classificar os critérios, o modelo busca encontrar uma classificação entre os trechos da estrada. O método FITradeoff, Frej et al. (2019), resolve um problema de programação linear para cada par de alternativas, descrito pelas seguintes equações:

$$\text{Max}(A_i, A_k) = \sum_{j=1}^m w_j \cdot v_j(A_i) - \sum_{j=1}^m w_j \cdot v_j(A_k), \quad i \neq k, \quad (2)$$

s.t.

$$w_1 > w_2 > \dots > w_m, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (4)$$

$$w_j \cdot v_j(x_j') > w_{j+1}, \quad j = 1 \text{ to } m - 1, \quad (5)$$

$$w_j \cdot v_j(x_j'') > w_{j+1}, \quad j = 1 \text{ to } m - 1, \quad (6)$$

$$w_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (7)$$

A equação (2) calcula a diferença máxima no valor entre duas alternativas. Em nosso modelo, as alternativas serão trechos de estradas. A equação (3) representa as restrições relacionadas à classificação entre as constantes de escala dos critérios. A equação (4) representa a restrição que obriga as constantes de escala a serem normalizadas. As equações (5) e (6) definem os limites máximo e mínimo de uma constante de escala, quando comparados a um valor parcial da constante de escala imediatamente acima no ranking. Em nosso modelo, inicialmente assume os valores de e, respectivamente. A equação (7) representa a restrição de não negatividade das constantes de escala.

De acordo com Frej et al. (2019), três situações podem ocorrer ao comparar duas alternativas usando os resultados do FITradeoff para classificação. Se $\text{Max}(A_i, A_k) < 0$, então A_k domina A_i . Se $\text{Max}(A_i, A_k) < \epsilon$ e $\text{Max}(A_i, A_k) < \epsilon$, então A_i e A_k são indiferentes, considerando o subespaço de peso atual do problema. Se $\text{Max}(A_i, A_k) > 0$ e $\text{Max}(A_k, A_i) > 0$, então A_i e A_k são incomparáveis considerando o subespaço de peso atual do problema. Ao usar as relações de preferência obtidas nas comparações dos pares, o modelo pode obter uma classificação parcial ou completa das alternativas com base no subespaço de peso obtido com as informações parciais que o decisor forneceu.

Caso o decisor não esteja satisfeito com as informações obtidas com a classificação dos critérios, o método FITradeoff para classificação continua o procedimento de elicitación flexível. Isso apresenta ao decisor duas consequências em cada ciclo, semelhante ao procedimento de classificação dos critérios por comparação par a par. Porém, nesta etapa, na consequência que representa o critério com maior

constante de escala, é apresentado um resultado intermediário, entre o mais e o menos crítico. O decisor pode escolher uma das consequências como a mais crítica, ou pode declarar indiferença ou não responder à questão se não se sentir capaz ou preferir não responder, passando para a próxima questão, se ainda é possível explorar o subespaço de peso (FREJ et al., 2019).

Se o decisor escolher uma das consequências ou declarar indiferença, o subespaço atual de pesos é reduzido ajustando os vetores e , e resolvendo novamente os problemas de programação linear descritos nas equações (2) - (7). Esses ciclos são repetidos. O procedimento de elicitación termina se o modelo encontrar uma ordem completa, se o decisor estiver satisfeito com o resultado parcial ou caso não seja possível obter mais informações do mesmo (MARTINS et al., 2020).

4 ESTUDO DE CASO

Através dos dados registrados dos acidentes nas rodovias do Brasil pelo Departamento da Polícia Rodoviária Federal – DPRF e de incumbência do Ministério da Justiça, foi realizada a filtragem dos dados do estado de Pernambuco para realizar o estudo. As duas Rodovias do estado de Pernambuco que apresentaram um maior número de acidentes foram segmentadas em encontro com outras vias (estadual ou Rodovias) delimitando o seu início e fim, assim como a extensão de cada trecho. Seguindo essa limitação, a BR 101/PE e a BR 232/PE apresentaram respectivamente 27 e 37 trechos.

Ao observar cada rodovia separadamente pode observar que na BR-101/PE a pavimentação se encontra em estado ótimo a bom, já a sinalização nos trechos BR-101/PE-Trecho008, BR-101/PE-Trecho009 e BR-101/PE-Trecho010 que representa o segmento desde a BR 232 (recife) até o viaduto random/metalgil apresenta estado ruim, assim como também o trecho BR-101/PE-Trecho027 que fica entre a PE 60 (acesso ao porto de Suape) e BR 101 (viaduto da charneca), a geometria em sua maioria apresenta regularidade.

A BR-232/PE apresenta uma pavimentação ótima a boa, porém a sinalização entre os trechos que se encontra entre BR-232/PE-Trecho001, BR-232/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho003 e BR-232/PE-Trecho004 que representa o segmento entre BR 232 (Km 412,4) e a PE 20 (Jaboatão) e também os trechos BR-232/PE-Trecho022, BR-232/PE-Trecho023, BR-232/PE-Trecho024 que representa o segmento que vai desde a BR 110 (cruzeiro do nordeste) até BR 426 - PE 340 (sítio dos Nunes) é ruim, na geometria das vias em sua maioria se encontra regular, como mostrado na Tabela 1.

Figura 1 – Informações dos IDSR das rodovias BR-101/PE e BR-232/PE

Trechos	Km_Inicial	Km_Final	Acidentes	Pavimento	Sinalização	Geometria	Lesões Leves	Lesões Graves	Óbito
BR-101/PE-Trecho001	0	7,7	2,68	2	2	3	1,26	0,41	0,16
BR-101/PE-Trecho002	7,7	21	0,51	2	2	3	0,24	0,13	0,04
BR-101/PE-Trecho003	21	33,8	0,57	2	2	3	0,32	0,10	0,00
BR-101/PE-Trecho004	33,8	41,4	1,54	2	2	3	0,84	0,33	0,16
BR-101/PE-Trecho005	41,4	51,6	6,67	2	2	3	3,90	1,40	0,36
BR-101/PE-Trecho006	51,6	66,6	6,39	2	2	3	4,23	1,44	0,26
BR-101/PE-Trecho007	66,6	69,9	17,80	2	2	3	13,28	2,50	0,19
BR-101/PE-Trecho008	69,9	72,9	13,44	2	4	1	9,19	3,36	0,89
BR-101/PE-Trecho009	72,9	82,3	7,52	2	4	1	5,21	1,12	0,25
BR-101/PE-Trecho010	82,3	94,1	6,86	2	4	1	4,90	1,32	0,47
BR-101/PE-Trecho011	94,1	96,6	9,55	1	1	1	8,83	1,91	0,24
BR-101/PE-Trecho012	96,6	101,9	9,46	1	1	1	6,87	1,80	0,56
BR-101/PE-Trecho013	101,9	103,2	9,18	1	2	3	5,05	5,51	0,46
BR-101/PE-Trecho014	103,2	104,6	0,77	2	2	3	0,51	0,00	0,00
BR-101/PE-Trecho015	104,6	115,6	1,50	2	2	3	0,98	0,26	0,23
BR-101/PE-Trecho016	115,6	121,2	0,63	2	2	3	0,32	0,16	0,05
BR-101/PE-Trecho017	121,2	124,3	0,67	2	2	3	0,29	0,00	0,00
BR-101/PE-Trecho018	124,3	127,8	1,07	2	2	3	0,33	0,25	0,08
BR-101/PE-Trecho019	127,8	135,8	0,79	2	2	3	0,32	0,07	0,07
BR-101/PE-Trecho020	135,8	149,3	0,73	2	2	3	0,50	0,06	0,15
BR-101/PE-Trecho021	149,3	157,2	0,41	2	2	3	0,45	0,25	0,08
BR-101/PE-Trecho022	157,2	185,7	0,52	2	2	3	0,31	0,09	0,06
BR-101/PE-Trecho023	185,7	189,3	1,11	1	1	3	1,20	0,18	0,00
BR-101/PE-Trecho024	189,3	213,9	0,56	1	1	3	0,56	0,13	0,10
BR-101/PE-Trecho025	0	11,3	0,00	1	3	2	0,00	0,00	0,00
BR-101/PE-Trecho026	11,3	15,3	0,00	1	3	2	0,00	0,00	0,00
BR-101/PE-Trecho027	15,3	18,4	0,00	1	4	1	0,00	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho001	0	3,6	0,00	2	4	1	0,00	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho002	0	4,7	2,35	2	4	1	1,01	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho003	4,7	10,4	5,37	2	4	1	1,89	0,26	0,07
BR-232/PE-Trecho004	10,4	14,4	3,37	2	4	1	1,22	0,17	0,17
BR-232/PE-Trecho005	14,4	26,9	1,90	2	3	1	0,59	0,17	0,02
BR-232/PE-Trecho006	26,9	42,9	2,50	2	3	1	0,52	0,17	0,15
BR-232/PE-Trecho007	42,9	45	1,29	2	3	1	1,29	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho008	45	58,5	1,63	2	3	1	0,23	0,16	0,14
BR-232/PE-Trecho009	58,5	71,5	2,52	1	2	3	0,47	0,22	0,07
BR-232/PE-Trecho010	71,5	77,2	1,90	1	2	3	0,59	0,42	0,06
BR-232/PE-Trecho011	77,2	88,4	2,81	1	2	3	0,71	0,60	0,08
BR-232/PE-Trecho012	88,4	99,9	1,49	2	3	1	0,35	0,24	0,03
BR-232/PE-Trecho013	99,9	102,1	2,86	2	3	1	0,71	0,43	0,00
BR-232/PE-Trecho014	102,1	129,9	0,55	2	3	1	0,21	0,12	0,02
BR-232/PE-Trecho015	129,9	148,1	2,17	1	2	3	0,93	0,20	0,10
BR-232/PE-Trecho016	148,1	163,3	2,31	1	3	3	1,67	0,90	0,26
BR-232/PE-Trecho017	163,3	181,6	3,31	1	3	3	1,54	0,50	0,22
BR-232/PE-Trecho018	181,6	212,5	2,21	1	3	3	0,96	0,59	0,20
BR-232/PE-Trecho019	212,5	251,3	1,51	1	3	3	1,37	0,50	0,11
BR-232/PE-Trecho020	251,3	252	3,19	1	3	3	0,00	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho021	252	277,8	1,10	1	3	2	0,46	0,24	0,10
BR-232/PE-Trecho022	277,8	324,4	0,70	2	4	3	0,29	0,24	0,05
BR-232/PE-Trecho023	324,4	333,5	0,94	2	4	3	0,51	0,17	0,00
BR-232/PE-Trecho024	333,5	356,3	0,55	2	4	3	0,19	0,11	0,05
BR-232/PE-Trecho025	356,3	402,8	0,99	1	3	3	0,25	0,19	0,02
BR-232/PE-Trecho026	402,8	405,2	1,91	1	3	3	2,68	0,77	0,00
BR-232/PE-Trecho027	405,2	409	13,72	1	3	3	5,62	2,25	0,45
BR-232/PE-Trecho028	409	412,6	13,39	1	3	3	5,56	1,52	0,25
BR-232/PE-Trecho029	412,6	425,2	2,67	1	3	3	0,65	0,51	0,36
BR-232/PE-Trecho030	425,2	450,2	0,73	1	3	3	0,33	0,00	0,15
BR-232/PE-Trecho031	450,2	459,5	0,11	1	3	3	0,00	0,00	0,00
BR-232/PE-Trecho032	459,5	490,7	0,68	1	3	3	0,08	0,08	0,08
BR-232/PE-Trecho033	490,7	509,6	1,60	1	3	3	0,73	0,38	0,11
BR-232/PE-Trecho034	509,6	518,9	3,41	1	2	3	1,75	0,58	0,19
BR-232/PE-Trecho035	518,9	525,1	1,17	1	2	3	0,29	0,58	0,15
BR-232/PE-Trecho036	525,1	544,1	0,43	1	2	3	0,05	0,00	0,10
BR-232/PE-Trecho037	544,1	560,1	0,28	1	2	3	0,11	0,06	0,06

Fonte: Autor (2021)

Na análise dos outros cinco critérios obtidos das informações do banco de dados do DPRF, é de grande importância a descrição correta dos dados no campo de quilometragem da via, que é registrada pelos agentes viários na ocorrência do acidente para serem analisados coerentemente cada trecho. De acordo com a quantidade de ocorrência registrada e a extensão de cada trecho, chegará a um índice de acidentes que posteriormente será analisada no modelo de decisão FITradeoff a tomada de decisão. Sendo importante a obtenção do volume médio de veículos (VMDa) que passam em cada trecho que foi obtido do banco de dados disponibilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT.

Na BR-101/PE em relação ao critério ileso, lesões leves e acidentes, o segmento BR-101/PE-Trecho007 que fica entre o viaduto sobre Avenida Caxangá e BR 232(recife) foram o que se mostrou ser o mais grave, nas lesões graves o segmento BR-101/PE-Trecho013 que fica entre PE 37 (distrito industrial do cabo) e viaduto da charneca (entrada antiga BR 101) é o mais crítico, para óbito o segmento BR-101/PE-Trecho008 que fica entre a BR 232 (recife) e PE-007 (Recife) é o crítico.

Para a BR 232, no critério ileso o segmento BR-232/PE-Trecho028 entre PE 365 (Serra Talhada) e PE 418 é crítico, mas para as lesões leves, acidentes, lesões graves e óbito o segmento BR-232/PE-Trecho027 entre PE 320 (parte Flores) e PE 365 (Serra Talhada) é o que apresenta uma maior gravidade.

Uma Tabela foi criada no Software FITradeoff com os parâmetros analisados, onde foram incluso os sete critérios de decisão que são os acidentes, lesões leves, lesões graves e óbito, foram classificados como contínuo de maximização conforme mostra na Figura 2, já que os índices de VMDa aumentam as pontuações para os trechos piores, para os critérios de pavimentação, sinalização e geometria também busca se maximizar, já que os seus índices de quanto maior o valor de classificação pior é para o critério, que de algum modo afeta nos acidentes das rodovias.

Figura 2 – Dados de entrada

The screenshot shows the FITradeoff software interface. The 'Input Values' section contains a table with the following data:

Criteria	acidentes	Pavimento	Sinalização	Geometria	Lesões Leves	Lesões Graves	Óbr
0-ContMin;1-ContMax;2-DiscMin;3-DiscMax	1	3	3	3	1	1	1
Weights							
type	1	1	1	1	1	1	1
a							

The 'CONSEQUENCES MATRIX' section shows the following data for alternatives BR-101/PE-Trecho001 to BR-101/PE-Trecho012:

ALTERNATIVES	acidentes	Pavimento	Sinalização	Geometria	Lesões Leves	Lesões Graves	Óbr
BR-101/PE-Trecho001	2.6820863	2	3	1.2597678325	0.40637672025	0.11	
BR-101/PE-Trecho002	0.5125737	2	3	0.2365724791	0.1261719892	3.9	
BR-101/PE-Trecho003	0.5653712	2	3	0.3195576695	9.8325436915	0.1	
BR-101/PE-Trecho004	1.5448301	2	3	0.8426346401	0.3335428784	0.11	
BR-101/PE-Trecho005	6.6700251	2	3	3.9031958875	1.3998818163	0.3	
BR-101/PE-Trecho006	6.3887306	2	3	4.2254579264	1.4354426448	0.2	
BR-101/PE-Trecho007	17.801599	2	3	13.279030688	2.5018463615	0.11	
BR-101/PE-Trecho008	13.444164	2	4	9.193435811	3.3610410492	0.8	
BR-101/PE-Trecho009	7.5194032	2	4	5.210540873	1.1232303680	0.2	
BR-101/PE-Trecho010	6.8599549	2	4	4.896417126	1.3173101914	0.4	
BR-101/PE-Trecho011	9.5463717	1	1	8.830393861	1.9092743483	0.2	
BR-101/PE-Trecho012	9.4563116	1	1	6.867083446	1.8012022154	0.5	

The interface also includes an 'Initial Order' list on the right, a 'Step 1 (Ordering the Criteria Scaling Constants)' button, a 'Step 2 (Flexible Elicitation)' button, and a 'Value of Equivalence Distance' field set to 0.01.

Fonte: Autor (2021)

Todos os critérios receberam 'type 1' por se tratar de uma avaliação intracritério. No quesito "C" são utilizados para os critérios que sua classificação é qualitativa, os únicos que receberam classificação foram os critérios pavimentação, sinalização e geometria.

Posteriormente, é necessário definir características referentes à estrutura de preferência do decisor. Para tal, o método FITradeoff permite utilizar, inicialmente, a ordenação de preferência dos critérios, fazendo avaliação baseada no critério onde se deseja a melhor consequência. Para tal, o decisor definiu a seguinte ordem, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Ordem de preferência do decisor

Ordem de preferência	
1º	Óbito
2º	Grave
3º	Leve
4º	Sinalização
5º	Pavimentação
6º	Geometria
7º	Acidentes

Fonte: Autor (2021)

Após determinar a ordem de preferência, o método FITradeoff realiza uma série de perguntas para gerar o espaço de pesos viáveis e analisar sua consistência com relação ao possível resultado e, conseqüentemente, definir o ordenamento dos trechos. Esses questionamentos correspondem à escolha pelo decisor entre duas opções de consequências, na qual em uma opção tem-se uma melhor consequência em determinado critério i e pior nos demais critério, e outra opção na qual se tem uma melhor consequência em outro critério j (sendo $i \neq j$) e pior nos demais critérios, como exemplificado na Figura 3. Pergunta-se ao decisor qual consequência ele prefere A ou B. Sendo a CONSEQUÊNCIA A composta pelas seguintes dimensões de consequência (0,445 mortos, 0 feridos graves, 0 feridos leves, pavimento ótimo, sinalização ótima, geometria ótima e frequência de acidentes baixa) e CONSEQUÊNCIA B composta pelas seguintes dimensões de consequência (0 mortes, 0 feridos graves, 0 feridos leves, pavimento ótimo, sinalização ótima, geometria ótima e frequência de acidentes ALTA). Nesta situação, o decisor escolheu a consequência A como a mais preferível.

Figura 3 – Primeira pergunta realizada

FTTradeoff – Flexible and interactive Tradeoff elicitation procedure for ranking with additive model, code FU_T1OND_LF1

File Help
New Open Reset Exit

Presentation Input Flexible Elicitation

Which consequence do you prefer?

Answer the questions by choosing one option

Consequence A

C1- X1: 0.445

C2- W2: 0 B2: 5.508

C3- W3: 0 B3: 13.279

C4- W4: 1 B4: 4

C5- W5: 1 B5: 2

C6- W6: 1 B6: 3

C7- W7: 0 B7: 17.802

Consequence B

W1: 0 B1: 0.89

W2: 0 B2: 5.508

W3: 0 B3: 13.279

W4: 1 B4: 4

W5: 1 B5: 2

W6: 1 B6: 3

B7: 17.802

Note:
W_i is the worst outcome of criterion C_i
X_i is an outcome in between best and worst of criterion C_i
B_i is the best outcome of criterion C_i

Warning: We advert that this version includes some new features that may cause some errors. We apologize for this inconvenience. In order to receive new version updates, please register at www.fttradeoff.org.

CDSIP
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE INFORMÁTICA

Options:
 Consequence A
 Consequence B
 Indifferent
 No Answer

OK

Number of Questions Answered: 0
Ranking levels: 2

Show Current Results

Chosen Order:
C1 - Óbito
C2 - Lesões Graves
C3 - Lesões Leves
C4 - Sinalização
C5 - Pavimento
C6 - Geometria
C7 - acidentes

Fonte: Autor (2021)

5 RESULTADOS

Após responder dezenove perguntas conforme realizada pelo software FITradeoff de comparações entre os critérios par a par, as resposta do decisor está ilustrada na Tabela 2. Sendo gerado um ranking final com 22 níveis, de modo que teve nível que apresentou 21 alternativas que apresentam uma relação binaria de preferência e incomparabilidade, lembrando que isso acontece nos últimos níveis de ordenação, como mostra na Tabela 3.

Tabela 2 – Resposta do decisor sobre as perguntas realizada pelo Software FITradeoff

Pergunta	Consequência A	Consequência B	Resposta
1	0,445 de C1	17,802 de C7	A
2	0,445 de C1	5,508 de C2	A
3	2,754 de C2	13,279 de C3	B
4	6,64 de C3	4 de C4	B
5	3 de C4	2 de C5	A
6	1,5 de C5	3 de C6	A
7	2 de C6	17,802 de C7	B
8	0,2224 de C1	5,508 de C2	B
9	4,131 de C2	13,279 de C3	A
10	9,959 de C3	4 de C4	B
11	2 de C4	2 de C5	I
12	1,25 de C5	3 de C6	B
13	3 de C6	17,802 de C7	B
14	0,3336 de C1	5,508 de C2	A
15	3,442 de C2	13,279 de C3	B
16	11,619 C3	4 C4	I
17	0,278 C1	5,508 C2	I
18	3,7864 C2	13,279 C3	B
19	3,9585 C2	13,279 C3	I

Fonte: Autor (2021)

Figura 4 – Última pergunta realizada

Which consequence do you prefer?
Answer the questions by choosing one option

	Consequence A	Consequence B
C1	W1: 0	B1: 0.89
C2	X2: 3.9585	B2: 5.508
C3	W3: 0	B3: 13.279
C4	W4: 1	B4: 4
C5	W5: 1	B5: 2
C6	W6: 1	B6: 3
C7	W7: 0	B7: 17.802

Note:
 W_i is the worst outcome of criterion C_i
 X_i is an outcome in between best and worst of criterion C_i
 B_i is the best outcome of criterion C_i

Options:
 Consequence A
 Consequence B
 Indifferent
 No Answer
 Inconsistency

Number of Questions Answered: 18
Ranking levels: 22

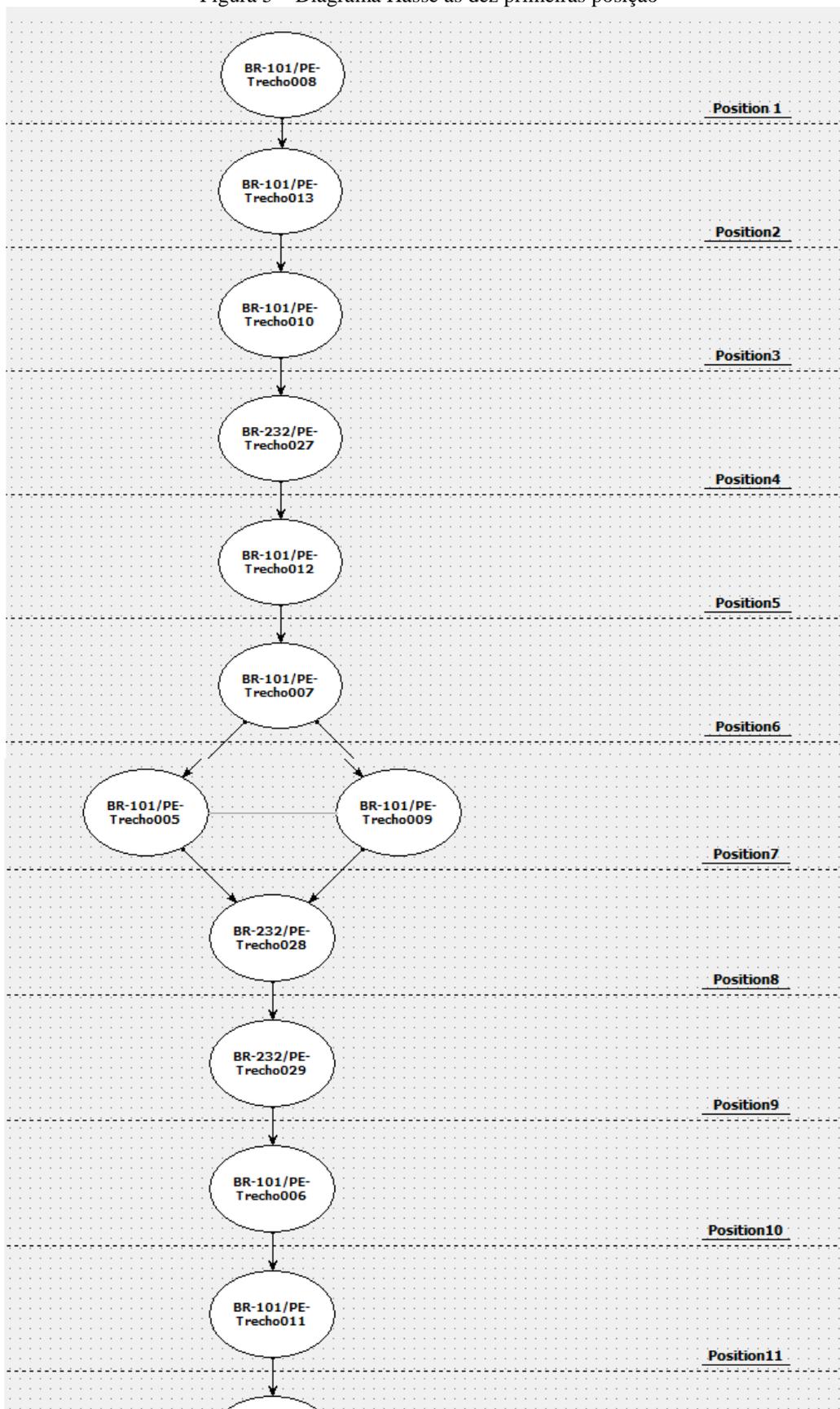
Chosen Order:
 C1 - Óbito
 C2 - Lesões Graves
 C3 - Lesões Leves
 C4 - Sinalização
 C5 - Pavimento
 C6 - Geometria
 C7 - acidentes

Warning: We advert that this version includes some new features that may cause some errors. We apologize for this inconvenience. In order to receive new version updates, please register at www.fitradeoff.org.

Fonte: Autor (2021)

A ilustração do diagrama de Hasse mostra as dez primeiras posições. Nas primeiras seis posições há uma ordenação clara dos trechos críticos, na sétima posição foram classificados dois trechos na mesma sendo que mostra uma relação binária de preferencia incomparabilidade e da oitava para a decima posição apresenta uma ordem, como mostra na Figura 5. Mesmo não havendo em algumas posições a definição clara de preferência das alternativas sendo incomparável com os outros trechos no mesmo nível, o decisor achou o resultado final útil já que pode utilizar os seus recursos para combater o trecho que mais afeta a sociedade e assim diminuir os prejuízos públicos e sociais, conforme ficaram bem definido quais trechos são os mais críticos.

Figura 5 – Diagrama Hasse as dez primeiras posição



Fonte: Autor (2021)

Observar se o ranking gerado, mostrado na Tabela 3, a BR-101/PE-Trecho008 que corresponde o trecho entre a BR-232 (Recife) e PE-007 (Recife) é o que apresentou ser o trecho mais crítico entre as 64 alternativas, é o segmento que domina naquele espaço as alternativas. Sendo o trecho principal a ser priorizado pelos seus altos índices de consequências mais graves esperados. Esse mesmo trecho se apresentava está entre as primeiras posições nos critérios. Então as primeiras 15 níveis de classificação tem um leque de informação enriquecedor para o decisor sobre os trechos.

Pode-se observar, que nas primeiras cinco posições do ranking, a BR 101 apresentam quatro trechos críticos que podem ser considerados praticamente segmento consecutivos por serem próximos, enquanto a BR 232 apresenta só um trecho.

Tabela 3 – Ranking dos trechos das rodovias BR-101/PE e BR-232/PE e suas ligações

Ranking	Alternativas
1	[BR-101/PE-Trecho008]
2	[BR-101/PE-Trecho013]
3	[BR-101/PE-Trecho010]
4	[BR-232/PE-Trecho027]
5	[BR-101/PE-Trecho012]
6	[BR-101/PE-Trecho007]
7	[BR-101/PE-Trecho005, BR-101/PE-Trecho009]
8	[BR-232/PE-Trecho028]
9	[BR-232/PE-Trecho029]
10	[BR-101/PE-Trecho006]
11	[BR-101/PE-Trecho011]
12	[BR-232/PE-Trecho016]
13	[BR-232/PE-Trecho004]
14	[BR-232/PE-Trecho017]
15	[BR-101/PE-Trecho015, BR-232/PE-Trecho018]
16	[BR-232/PE-Trecho006, BR-101/PE-Trecho001, BR-232/PE-Trecho034] [BR-232/PE-Trecho006, BR-232/PE-Trecho003, BR-232/PE-Trecho034]
17	[BR-232/PE-Trecho022, BR-232/PE-Trecho019, BR-232/PE-Trecho024][BR-232/PE-Trecho030, BR-101/PE-Trecho020, BR-232/PE-Trecho033][BR-232/PE-Trecho008, BR-101/PE-Trecho004][BR-232/PE-Trecho008, BR-232/PE-Trecho022][BR-232/PE-Trecho019, BR-232/PE-Trecho030]
18	[BR-232/PE-Trecho023, BR-232/PE-Trecho035]
19	[BR-232/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho021]

20	[BR-232/PE-Trecho032, BR-101/PE-Trecho018, BR-101/PE-Trecho021, BR-232/PE-Trecho001][BR-101/PE-Trecho022, BR-101/PE-Trecho016, BR-232/PE-Trecho007][BR-101/PE-Trecho022, BR-101/PE-Trecho016, BR-232/PE-Trecho014][BR-232/PE-Trecho014, BR-232/PE-Trecho005, BR-232/PE-Trecho011, BR-232/PE-Trecho013][BR-232/PE-Trecho005, BR-101/PE-Trecho019, BR-232/PE-Trecho012, BR-232/PE-Trecho015][BR-232/PE-Trecho012, BR-232/PE-Trecho001, BR-232/PE-Trecho026][BR-232/PE-Trecho011, BR-232/PE-Trecho015][BR-232/PE-Trecho011, BR-101/PE-Trecho019][BR-232/PE-Trecho011, BR-232/PE-Trecho012][BR-232/PE-Trecho026, BR-101/PE-Trecho018][BR-232/PE-Trecho026, BR-101/PE-Trecho021][BR-232/PE-Trecho013, BR-101/PE-Trecho019][BR-232/PE-Trecho013, BR-232/PE-Trecho015][BR-101/PE-Trecho016, BR-232/PE-Trecho036][BR-232/PE-Trecho007, BR-101/PE-Trecho027][BR-101/PE-Trecho027, BR-232/PE-Trecho036][BR-101/PE-Trecho027, BR-232/PE-Trecho009][BR-101/PE-Trecho027, BR-232/PE-Trecho010][BR-101/PE-Trecho027, BR-232/PE-Trecho025][BR-101/PE-Trecho002, BR-101/PE-Trecho027][BR-101/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho036][BR-101/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho009][BR-101/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho010][BR-101/PE-Trecho002, BR-232/PE-Trecho025][BR-232/PE-Trecho009, BR-232/PE-Trecho036][BR-232/PE-Trecho009, BR-232/PE-Trecho010][BR-232/PE-Trecho009, BR-232/PE-Trecho025][BR-232/PE-Trecho010, BR-232/PE-Trecho036][BR-232/PE-Trecho010, BR-232/PE-Trecho025][BR-232/PE-Trecho025, BR-232/PE-Trecho036]
21	[BR-101/PE-Trecho003, BR-101/PE-Trecho024][BR-101/PE-Trecho003, BR-232/PE-Trecho020][BR-101/PE-Trecho003, BR-232/PE-Trecho037][BR-101/PE-Trecho003, BR-101/PE-Trecho014][BR-101/PE-Trecho003, BR-232/PE-Trecho031][BR-101/PE-Trecho003, BR-101/PE-Trecho017][BR-101/PE-Trecho003, BR-101/PE-Trecho025][BR-101/PE-Trecho003, BR-101/PE-Trecho026][BR-101/PE-Trecho024, BR-232/PE-Trecho020][BR-101/PE-Trecho024, BR-232/PE-Trecho037][BR-101/PE-Trecho024, BR-232/PE-Trecho031][BR-101/PE-Trecho024, BR-101/PE-Trecho025][BR-101/PE-Trecho024, BR-101/PE-Trecho026][BR-232/PE-Trecho020, BR-232/PE-Trecho037][BR-101/PE-Trecho014, BR-101/PE-Trecho024][BR-101/PE-Trecho014, BR-232/PE-Trecho020][BR-101/PE-Trecho014, BR-232/PE-Trecho031][BR-101/PE-Trecho014, BR-101/PE-Trecho017][BR-101/PE-Trecho014, BR-101/PE-Trecho025][BR-101/PE-Trecho014, BR-101/PE-Trecho026][BR-232/PE-Trecho031, BR-232/PE-Trecho037][BR-101/PE-Trecho017, BR-232/PE-Trecho031][BR-101/PE-Trecho017, BR-101/PE-Trecho025][BR-101/PE-Trecho017, BR-101/PE-Trecho026][BR-101/PE-Trecho025, BR-101/PE-Trecho026]
22	[BR-101/PE-Trecho023]

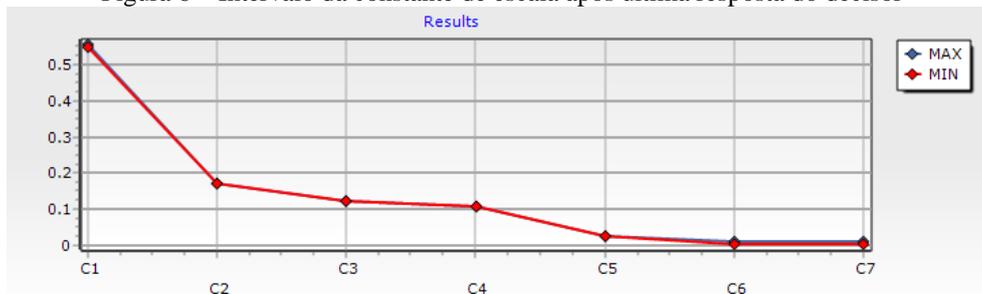
Fonte: Autor (2021)

O segmento crítico da BR 232 é o trecho BR-232/PE-Trecho027 que corresponde a BR-232/PE-Trecho027 entre PE 320 (parte Flores) e PE 365 (Serra Talhada), a geometria e a sinalização mesmo apresentando esta em estado regular e a pavimentação é de ótimo estado o que de alguma forma pode afetar na imprudência dos condutores.

Na Figura 6, é apresentado o intervalo das constantes de escala do ranking final, que são os possíveis valores de peso para cada critério. O que se pode perceber é que

não se tem mais um intervalo de confiança e o critério de óbitos foi o que teve um peso maior, já que é preferível pelo decisor de modo que não se tem como mensurar a morte com os demais critérios. Nota-se, que não apenas a relatividade do critério afeta o valor de sua constante de escala, mas também a variação no desempenho entre as alternativas com a menor e a maior pontuação, o que afeta a criticidade de decisão.

Figura 6 – Intervalo da constante de escala após ultima resposta do decisor



Fonte: Autor (2021)

O decisor achou o processo simples e sem muito esforço c3gnito para responder, apesar de n3o dar uma ordem completa de todos os trechos. O m3todo 3 r3pido e baseado nas preferencias do decisor.

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal de realizar um ranking dos trechos mais críticos foi atingido, de modo que o decisor possa tomar a sua decisão a minimizar os acidentes e as consequências que a mesma venha causar aos envolvidos, e que venha reduzir custos para os poderes públicos. Informações para a tomada de decisão na priorização dos seus recursos desse modo minimizar o máximo os acidentes e suas consequências que afeta uma cadeia indireta e diretamente.

É importante observar que os trechos não devem ser analisados isoladamente por cada critério, o que pode levar a erros e não representar o cenário real. Realizando o ranking dos trechos mais críticos segundo os critérios e preferência do decisor, observar-se que os trechos que apresentaram serem prioridades, tem um resultado regular na análise de pavimentação, sinalização e geométrica, de modo que a influência dos mesmos na ocorrência do acidente não é direta.

Com o resultado obtido, tem-se bastante informações sobre os principais trechos a ser trabalhados e conseqüentemente a serem priorizados, os recursos que são poucos devem ser direcionados a fim de minimizar os acidentes, como resultado terá uma redução significativa dos cofres públicos com gastos na saúde, além de salvar vidas.

Como proposta futura, indica-se o uso de mais critérios para ampliar o seu estudo. Assim como também, a análise das disparidades de posições de alternativas.

REFERÊNCIA

- ALMEIDA, A. T. DE. **Processo de Decisão nas Organizações - Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. [s.l: s.n.].
- ALMEIDA, A. T. DE et al. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 179–191, 2016.
- BAO, Q. et al. Knowledge-Based Systems Improved hierarchical fuzzy TOPSIS for road safety performance evaluation. **Knowledge-Based Systems**, v. 32, p. 84–90, 2012.
- BORCHERDING, K., EPPEL, T., VON WINTERFELDT, D. Comparison of weighting judgments in multiattribute utility measurement. **Management Science**, v. 37, 12, p. 1603–1619, 1991.
- BRUNI, A. L. **Estatística Aplicada à gestão empresarial**. 2.ed. São ed. [s.l: s.n.].
- CARMO, C. L.; RAIA JUNIOR, A. A. Segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais no estado de São. 2016.
- CASTRO-NUÑO, M.; ARÉVALO-QUIJADA, M. T. Assessing urban road safety through multidimensional indexes: Application of multicriteria decision making analysis to rank the Spanish provinces. **Transport Policy**, v. 68, n. April, p. 118–129, 2018.
- CHAKRABORTY, S.; RANJAN, R.; MONDAL, P. A state-wise performance appraisal of the Indian roads using PROMETHEE-GIS approach. **Benchmarking: An International Journal**, v. 25, n. 9, p. 3338–3356, 29 nov. 2018.
- CHEN, F. et al. Benchmarking road safety performance: Identifying a meaningful reference (best-in-class). **Accident Analysis and Prevention**, v. 86, p. 76–89, 2016.
- CHEN, F.; WANG, J.; DENG, Y. Road safety risk evaluation by means of improved entropy TOPSIS – RSR. **Safety Science**, v. 79, p. 39–54, 2015.
- DE ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério (Decision Process in Organizaions: Building Multicriteria Decision Models)**. 1. ed. São Paulo/SP, Brasil: Editora Atlas, 2013.
- DNIT, D. N. DE I. DE T. Identificação e Priorização de Segmentos Críticos para Estudos de Intervenção. 2010.
- FANCELLO, G.; CARTA, M.; FADDA, P. SIDT Scientific Seminar 2013 A decision support system for road safety analysis. **Transportation Research Procedia**, v. 5, p. 201–210, 2015.

- FIGUEIRA, A. DA C. et al. Identification of rules induced through decision tree algorithm for detection of traffic accidents with victims: A study case from Brazil. **Case Studies on Transport Policy**, v. 5, n. 2, p. 200–207, 2017.
- FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. **Operational Research**, v. 19, n. 4, p. 909–931, 2019.
- GONZAGA, L. et al. APLICAÇÃO DO MÉTODO SUPRIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR. 2016.
- GUHNEMANN, A.; LAIRD, J. J.; PEARMAN, A. D. Combining cost-benefit and multi-criteria analysis to prioritise a national road infrastructure programme. v. 23, p. 15–24, 2012.
- HERMANS, E. et al. Knowledge-Based Systems Road safety risk evaluation by means of ordered weighted averaging operators and expert knowledge. **Knowledge-Based Systems**, v. 23, n. 1, p. 48–52, 2010.
- HOLLOWAY, H. A.; III, C. C. W. Question selection for multi-attribute decision-aiding. v. 148, p. 525–533, 2003.
- KEENEY, R. L. Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, 1996.
- MARTINS, M. A. et al. Multicriteria Model Based on FITradeoff Method for Prioritizing Sections of Brazilian Roads by Criticality Lucim a. v. 2020, 2020.
- MARTINS, M. A. **MODELO DE DECISÃO PARA REDUÇÃO DE RISCO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS DE PERNAMBUCO: desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão**. [s.l: s.n.].
- MARTINS, M. A.; GARCEZ, T. V. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ACIDENTES NAS RODOVIAS FEDERAIS. 2017.
- MINISTERIO DA SAÚDE. **Motociclistas são os que mais se acidentam no trânsito**. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46168-motociclistas-sao-os-que-mais-se-acidentam-no-transito>>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- PRF. Anuário 2020. 2020.
- REIS, E. A.; REIS, I. A. Análise Descritiva de Dados. **Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Exatas**, 2002.
- ROSIĆ, M. et al. Method for selection of optimal road safety composite index with examples from DEA and TOPSIS method. **Accident Analysis & Prevention**, v. 98, p.

277–286, jan. 2017.

ROY, B. *Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding*. **Kluwer Academic Publishers**, 1996.

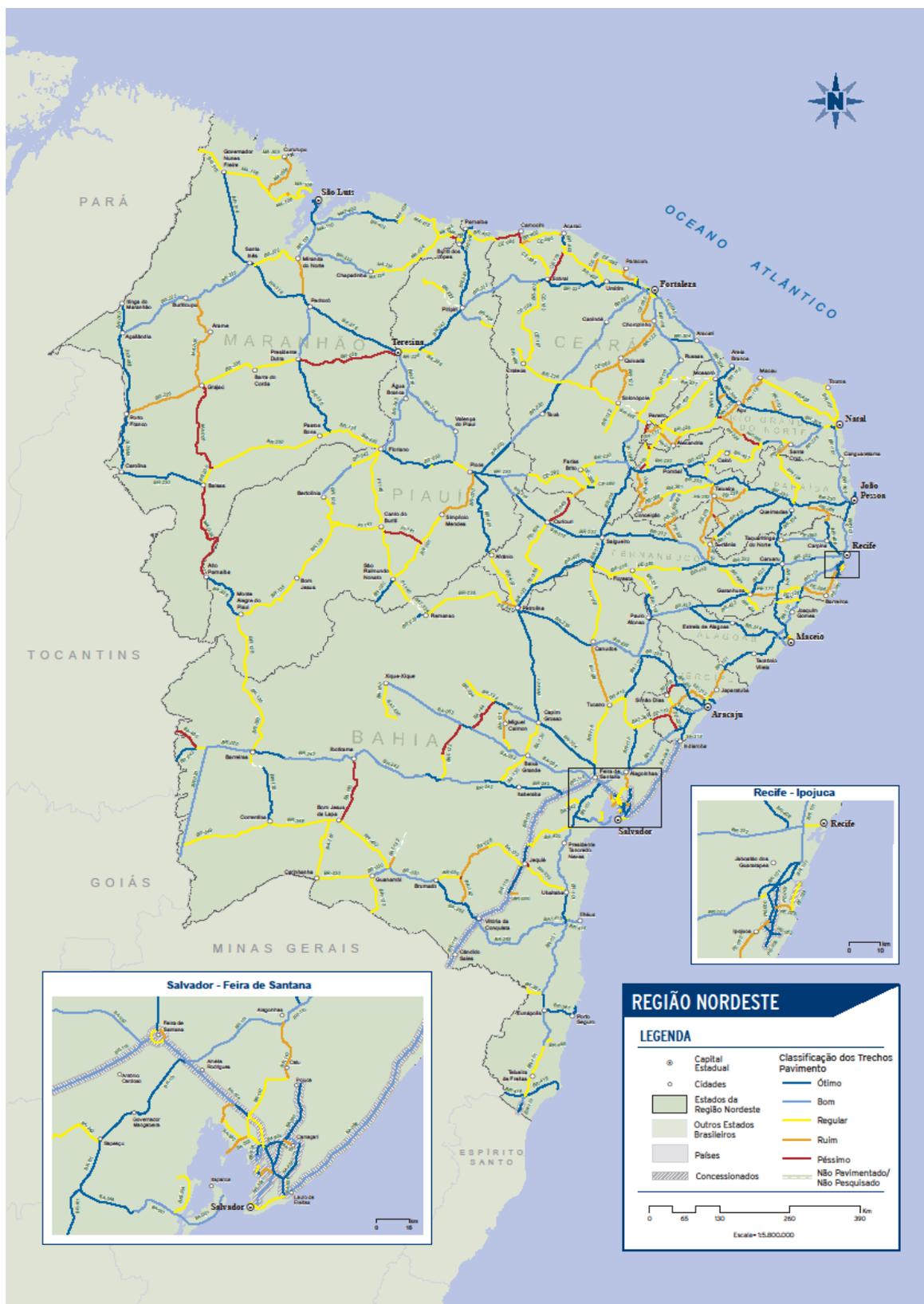
ŠIMUNOVIĆ, L.; GRGUREVIĆ, I.; ŠKRINJAR, J. P. SELECTING OPTIMAL PEDESTRIAN CROSSING USING MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING. v. 22, n. 2, p. 105–116, 2010.

WEGMAN, F. et al. **SUNflowerNext: Towards a composite road safety performance index**. [s.l.] SWOV, Leidschendam, 2008.

WHO, W. H. O. global status report on road safety 2018. **who - World Health Organization**, 2018.

APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DOS TRECHOS

Figura A1.1 – Pavimento



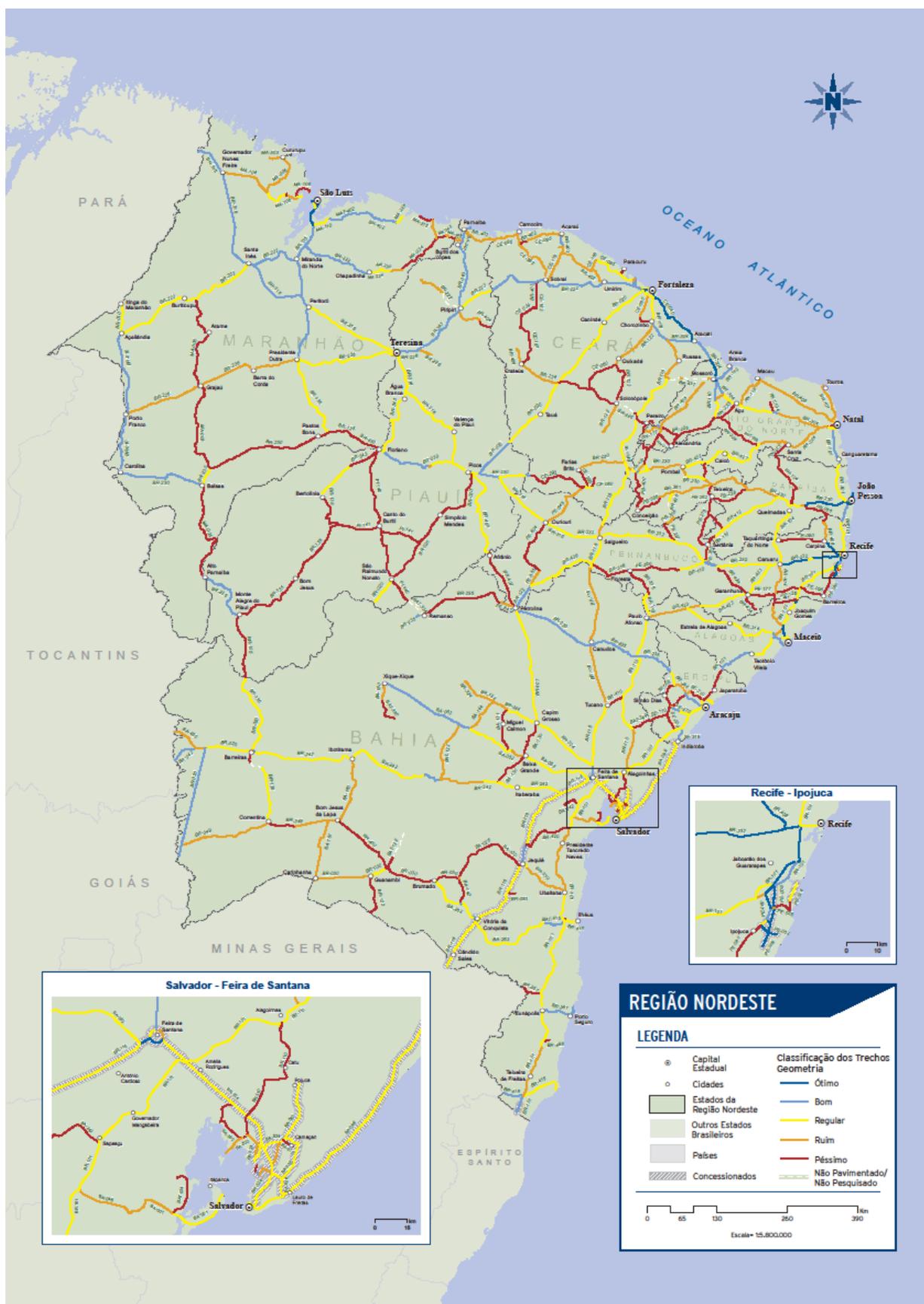
Fonte: DNIT, (2010)

Figura A1.2 – Sinalização



Fonte: DNIT, (2010)

Figura A1.3 – Geometria



Fonte: DNIT, (2010)