



METODOLOGIA PARA SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSTENTÁVEL

Rodrigo Rodrigues de Freitas

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Rio de Janeiro

Abril de 2022

METODOLOGIA PARA SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA
SUSTENTÁVEL

Rodrigo Rodrigues de Freitas

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Aprovador por: Prof. Márcio de Almeida D'Agosto - PET/COPPE/UFRJ, D.Sc.

Prof^ª. Suzana Kahn Ribeiro – PET/COPPE/UFRJ, D.Sc.

Prof. Lino Guimarães Marujo - PEP/COPPE/UFRJ, D.Sc.

Prof. Luís Alberto Duncan Rangel - UFF, D.Sc.

Prof. Rafael Garcia Barbastefano – CEFET/RJ, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2022

Freitas, Rodrigo Rodrigues de

Metodologia para sistema de reconhecimento de transporte de carga sustentável / Rodrigo Rodrigues de Freitas. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2022.

XV, 105 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D’Agosto

Tese (doutorado) – UFRJ / COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2022.

Referências Bibliográficas: p. 85 - 97.

1. Sistemas de Reconhecimento. 2. Sustentabilidade. 3. Logística. 4. Transporte de Cargas Sustentável. 5. Certificação. I. D’Agosto, Márcio de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

*“Pensamento é o trabalho mais difícil
que existe, talvez por isso tão poucos se
dedicam a ele”.*

(Henry Ford)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, minha mãe Romilda, minha esposa Larissa, e minha avó Raimunda (in memoriam) e tia Altamira (in memoriam) pelo apoio, dedicação, encorajamento, suporte, paciência e fé para que eu pudesse evoluir como pesquisador e profissional, seguindo os caminhos da virtude e da humanidade.

Agradeço ao meu orientador Professor Márcio de Almeida D'Agosto pelo convite para participar do Laboratório de Transporte de Carga (LTC) com sua equipe de trabalho, assim como os incentivos, orientações, críticas e sugestões que possibilitaram a formação e a pesquisa. O período de trabalho e interação com os colegas no laboratório acelerou o meu conhecimento e aprendizado, eu espero que essa marcar possa desenvolver novas oportunidades para continuarmos trabalhando, pesquisando e publicando juntos.

Ao CEFET/RJ, meu local de trabalho que tanto me orgulha, pela possibilidade de avançar na pesquisa e disseminar o conhecimento desenvolvido.

Aos professores Suzana Kahn Ribeiro e Lino Guimarães Marujo, pelas sugestões para desenvolvimento desta pesquisa no exame de qualificação e os professores Luís Alberto Duncan Rangel e Rafael Garcia Barbastefano pela disponibilidade para comporem as bancas de defesa da tese.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes (PET) e as funcionárias Jane de Souza e Dona Helena Oliveira pela dedicação e carinho com alunos.

Aos queridos colegas do Laboratório de Transportes de Carga (LTC) pelo engajamento, companheirismo e compartilhamento do conhecimento.

Aos amigos e colegas pesquisadores do PET, que foram tantos, pelas discussões, interações e momentos de crescimento mútuo.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

METODOLOGIA PARA SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSTENTÁVEL

Rodrigo Rodrigues de Freitas

Abril/2022

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Programa: Engenharia de Transportes

O Sistema de Reconhecimento de Transporte de Carga Sustentável é uma metodologia que funciona como ferramenta de gestão relacionada as necessidades do aumento de competitividade, eficiência no transporte de carga, número de viagens, consumo de combustíveis, motorização entre outros. A certificação é um meio de garantir os padrões de sustentabilidade e equilíbrio entre os aspectos econômico, social e ambiental. Estabelecer um sistema de reconhecimento é um processo de mudança que requer o comprometimento dos envolvidos e das boas práticas ambientais, as etapas de manutenção exigem um esforço de longo prazo para obtenção de credibilidade, a participação de especialistas externos e empresas na avaliação contribuíram para a reduzir as influências e incertezas dos critérios de reconhecimento. Diante das dificuldades de estabelecer uma cadeia de suprimentos verde, propõe-se um método com múltiplas abordagens com ênfase na lógica fuzzy. O objetivo é reduzir as indecisões de julgamento, o *trade-off* entre os aspectos de sustentabilidade, depurar as variáveis qualitativas e reduzir a interferência dos concorrentes, desta maneira, conectar a sociedade ao ganho de eficiência e manutenção do meio ambiente. O procedimento foi aplicado em seis empresas que possuem programas de redução de carbono, contudo, empresas com negócio principal em atividades de transporte obtiveram maior sucesso na transição para esverdeamento. Os níveis de certificação permitiram o contato visual entre os consumidores e as empresas, possibilitando monitorar as ações de sustentabilidade nas operações de transporte de carga e a competitividade para alcançar níveis mais elevados de rotulagem.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

METHODOLOGY FOR RECOGNITION SYSTEMS IN SUSTAINABLE FREIGHT TRANSPORT

Rodrigo Rodrigues de Freitas

April/2022

Advisor: Márcio de Almeida D'Agosto

Department: Transportation Engineering

The Recognition System in Sustainable Freight Transport is a methodology that works as a management tool related to needs of increasing competitiveness and efficiency in freight transport, number of trips, fuel consumption, motorization, among others. Certification is a means of guaranteeing sustainability standards and balance in the use of economic, social and environmental aspects. Establishing a recognition system is a process of change that requires the commitment of those involved and application of good practices, the maintenance stages require a long-term effort to obtain credibility, because the participation of external experts and companies in the evaluation contributes to reduce the influences and uncertainties of the recognition criterion. In light of the difficulties of establishing a green supply chain, we propose a method with multiple approaches with an emphasis on fuzzy logic. The purpose is to reduce the indecision of judgment, the trade-off between sustainability aspects, to debug the qualitative variables and to reduce interference from competitors, however, connecting society to the gain of efficiency and maintenance of the environment. The procedure was applied to six companies that have carbon reduction programs, firms with a core business in transport activities had greater success in the transition to low carbon operations. The certification levels allowed visual contact between consumers and the companies, making it possible to monitor sustainability actions in freight transportation operations and the competitiveness to achieve higher labeling levels.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema de pesquisa.....	3
1.2 Premissas e hipóteses.....	5
1.3 Objetivos geral e específico.....	6
1.4 Originalidade e ineditismo.....	7
1.5 Estrutura da tese.....	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1 Transporte de carga.....	12
2.2 Transporte Sustentável.....	17
2.2.1 Mudança estratégica e o impacto econômico no ambiente de sustentabilidade.....	17
2.2.2 Desenvolvimento de políticas de transporte de baixo carbono.....	21
2.2.3 Justificativa e motivação para redução do impacto ambiental ocasionado pelo transporte de carga.....	24
2.2.4 Aspectos de sustentabilidade e sua influência no transporte de carga.....	29
2.2.5 Importância do monitoramento das emissões no transporte de carga.....	32
3 PROPOSTA DE SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TCS.....	36
3.1 Revisão da Literatura.....	37
3.2 Escolha dos métodos de avaliação do TCS.....	41
3.3 Proposta de sistema de monitoramento das emissões.....	42
3.4 Considerações das principais certificações na cadeia de suprimento.....	46
4 METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSTENTÁVEL.....	49
4.1 Processo de avaliação do TCS.....	49
4.2 Questionário e indicadores.....	51
4.3 Descrição do método de avaliação do TCS.....	54
4.4 Ponto de avaliação mandatário (PA _M).....	54
4.5 Ponto de avaliação do transporte (PA _T).....	55
4.5.1 Arquitetura da avaliação fuzzy.....	57
4.5.2 Método de fuzzificação, inferência e defuzzificação do PA _T	58
4.6 Ponto de avaliação do atributo (PA _A).....	62
4.7 Certificação.....	64

4.7.1 Tipos de certificação.....	65
4.8 Consolidação das dimensões para o sistema de reconhecimento.....	65
5 APLICAÇÃO DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TCS.....	67
5.1 Resultado da dimensão mandatório PA_M	67
5.2 Resultado da dimensão transporte PA_T	67
5.2.1 Grau de importância do especialista (GIE).....	68
5.2.2 Processo de fuzzificação, inferência e defuzzificação do PA_T	69
5.3 Resultado da dimensão Atributo PA_A	76
5.4 Resultado consolidado do sistema de reconhecimento.....	77
5.5 Processo de revalidação.....	79
6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	85
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO MANDATÓRIO SUBMETIDO AOS AUDITORES.....	98
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES TRANSPORTE E ATRIBUTO SUBMETIDO AOS ESPECIALISTAS E AUDITORES.....	101
APÊNDICE C – ESPECIALISTAS PARTICIPANTES DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TRANSPORTE SUSTENTÁVEL.....	103
APÊNDICE D – RESPOSTA DOS ESPECIALISTAS NA DIMENSÃO TRANSPORTE EM ESCALA LIKERT5.....	104
APÊNDICE E - RESULTADO DA AVALIAÇÃO DOS AUDITORES NA DIMENSÃO ATRIBUTO.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Estrutura hierárquica das medidas de desempenho.....	12
Figura 2.2: Diagrama de Sankey das emissões de GEE dos transportes em 2015.....	14
Figura 2.3: Concentração do consumo de diesel no Brasil.....	15
Figura 2.4: Comparação das áreas de crescimento e emissões, 1980 – 2015.....	22
Figura 2.5: Evoluindo o conceito de logístico.....	27
Figura 2.6: Aspectos de sustentabilidade ou Triple Bottom line – TBL.....	29
Figura 3.1: Sequência aprendizado no sistema de gestão ambiental.....	37
Figura 3.2: A estrutura da ASIF para calcular as emissões de GEE do setor de transportes.....	45
Figura 3.3: Escala de evolução do monitoramento.....	46
Figura 4.1: Fases de avaliação do sistema de reconhecimento.....	49
Figura 4.2: Conjunto fuzzy de avaliação dos parâmetros de entrada.....	56
Figura 4.3: Conjuntos fuzzy para avaliar os parâmetros de saída (subcritérios e critérios).....	56
Figura 4.4: Arquitetura da rede fuzzy.....	58
Figura 4.5: Dispersão das regras de inferência para variáveis de saída.....	62
Figura 4.6: Matriz de avaliação de percepção.....	63
Figura 4.7: Processo metodológico para o sistema de reconhecimento SR para o transporte de carga sustentável.....	66
Figura 5.1 conjunto fuzzy de avaliação das variáveis de saída.....	70
Figura 5.2: Conjunto fuzzy do resultado das regras de inferência.....	73
Figura 5.3: Comparação entre α -cut, concedido pelos especialistas e a nota das empresas na dimensão transporte.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Pesquisas de racionalização dos custos no transporte de carga.....	18
Tabela 2.2: Extensão geográfica dos efeitos poluentes.....	26
Tabela 2.3: Fatores médios de emissões no consumo de diesel por modo no transporte de carga na Europa.....	33
Tabela 2.4: Indicadores de transporte urbano sustentável.....	35
Tabela 3.1: Síntese da revisão bibliográfica sistemática.....	38
Tabela 3.2: Pesquisa detalhada dos trabalhos selecionados na RBS.....	39
Tabela 3.3: Forma de coletar dados na aplicação do MRV.....	44
Tabela 3.4: Evolução dos custos Logísticos nas empresas (média).....	46
Tabela 3.5: Principais certificações em transporte de baixo carbono no mundo.....	48
Tabela 4.1 - Critérios de confiabilidade estimada pelo Alfa de Cronbach.....	53
Tabela 4.2: Classificação dos especialistas por cargo e titulação.....	58
Tabela 5.1: grau de importância dos especialistas.....	68
Tabela 5.2: demonstração das variáveis de entrada do universo de discurso (U_i) para cada aspecto de sustentabilidade.....	69
Tabela 5.3: Conjunto fuzzy de avaliação das variáveis de entrada u e saída w	70
Tabela 5.4: Base de regras para pontuação de avaliação em transporte.....	72
Tabela 5.5: Classificação do sistema de reconhecimento SR integrando PA_M , PA_T e PA_A	77

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (4.1).....	52
Equação (4.2).....	53
Equação (4.3).....	53
Equação (4.4).....	59
Equação (4.5).....	59
Equação (4.6).....	59
Equação (4.7).....	60
Equação (4.8).....	60
Equação (4.9).....	60
Equação (4.10).....	61
Equação (4.11).....	61
Equação (4.12).....	61
Equação (4.13).....	62
Equação (4.14).....	64
Equação (4.15).....	65

LISTA DE SIGLAS

AAEI - American Association of Exporters and Importers
ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASA - Asian Shippers' Alliance
ASIF - Activity, Structure, Intensity e Fuel
BAU - Business-as-usual
CAI-Asia - Clean Air Initiative for Asian
CEL/COPPEAD - Centro de Estudos em Logística/Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração
CH₄ - Metano
CO - Monóxido de Carbono
CO₂ - Dióxido de Carbono
CO_{2e} - Dióxido de Carbono Equivalente
EMP - Empresa participantes da Pesquisa
EPA - Environmental Protection Agency
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
ESC - European Shippers' Council
FDC - Fundação Dom Cabral
GEE - Gases de Efeito Estufa
GFA - Green Freight Asia
GFE - Green Freight Europe
GIE - Grau de importância do especialista
GM - Green Marine
GMEP - Green Marine Environmental Program
GSA - Global Shippers' Alliance
HCNM - Hidrocarbonetos Não-Metano
HM - Heavy Metals
IDB - Indicadores e Dados Básicos
ILOS - Instituto de Logística e Supply Chain
IPCC - United Nations Inter-governmental Panel on Climate Change
ISSO - International Organization for Standardization
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério de Minas e Energia

MP - Material Particulado
MRV - Measurement, Reporting e Verifying
MtCO₂e - Milhões de Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
N₂O - Óxido nitroso
NH₃ - Amônia
NMVOC - Compostos Orgânicos Voláteis Não Metálicos
Nox - Óxido de Nitrogênio
O₃ - Ozônio
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PA - Poluentes Atmosféricos
PA_A - Ponto de Avaliação do Atributo
PA_M - Ponto de Avaliação Mandatória
PA_T - Ponto de Avaliação do Transporte
PDCA - Plan, Do, Check e Act
PIB - Produto Interno Bruto
PTS - Partículas Totais em Suspensão
Q_i - Questionário específico
RBS - Revisão Bibliográfica Sistemática
R-COH - Aldeídos
SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SGA - Sistema de Gestão Ambiental
SLOCAT - Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport
SMART - Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Timely
SO₂ - Dióxido de Enxofre
SO_x - Óxido de Enxofre
SR - Sistema de Reconhecimento
TCS - Transporte de Carga Sustentável
Ton-km - Tonelada por Quilômetro
UNECE - United Nations Economic Commission for Europe
VUC - Veículo Urbano de Carga
WHO - World Health Organization

LISTA DE UNIDADES

MJ/t.km - Megajoule por Tonelada Quilômetro

t.km - Tonelada por quilômetro

TKU - Tonelada por Quilometro Útil

1 INTRODUÇÃO

O transporte de carga é a capacidade de movimentar mercadorias e serviços de forma satisfatória, da extração dos insumos até a coleta de produtos exauridos ao seu descarte total, sendo avaliado de forma constante pelo cliente interno da cadeia de suprimento até o cliente final, explorado de forma sustentável no tempo e espaço com o consumo de energia adequado.

De acordo com Novaes (2004), Ballou (2001) e Uelze (1978), o transporte é o deslocamento de uma massa constituída de pessoas ou carga, (produtos, bens e resíduos etc), de um lugar para outro no espaço, em um determinado tempo e consumindo uma quantidade de energia, transformada em força motriz e promovendo o deslocamento. Essa dinâmica ocorre com alto consumo de energia e materiais que afetam os aspectos da sustentabilidade e a qualidade de vida no meio ambiente.

O setor de transporte é responsável por 27% das emissões de CO₂ relacionado a energia no mundo, contudo em 2019, as emissões globais em transporte cresceram 1%, abaixo da média anual de 2%, apresentando tendência de queda. Entre 2010 e 2019, nos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE houve um crescimento das emissões totais de CO₂ de 4% e não membros de 34%. Em 2019, pode-se observar uma mudança nas emissões de CO₂ em transporte, com volatilidade de até 20% na comparação entre países (SLOCAT, 2021), observando grande concentração da poluição atmosférica nas áreas urbanas, impactando a qualidade do ar com graves efeitos na saúde e nos ecossistemas humanos (IBARRA-ESPINOSA *et al.*, 2020). Além disso, a atividade de transporte de carga nas operações logísticas representa de 80% a 90% das emissões de carbono (MCKINNON, 2010).

No Brasil, o sistema de transporte foi responsável por emitir 204 MtCO₂e (EPE, 2015), participando por cerca de 20 mil mortes (WHO, 2009 e ÖBERG *et al.*, 2010). Das emissões CO₂e lançado na atmosfera provenientes do transporte, a movimentação de carga e passageiros correspondem, respectivamente, por 51% e 49%. A poluição do ar proveniente do trânsito está associada a vários problemas de saúde, como obesidade e diabetes, além de participação na baixa produtividade (CARTENÌ, CASCETTA, CAMPANA, 2015; MARTINS *et al.*, 2016). A demanda por transporte de carga está crescendo 2,7% anualmente em todo mundo, espera-se que até 2050, esta atividade (em

t.km) aumente a uma taxa de 2,3% ao ano (ERTRAC, 2011; MCKINNON, 2010), contudo, a partir o início de 2020, houve uma queda de 36% no transporte de carga e 30% nas emissões de CO₂, provocada pelas restrições da pandemia COVID-19. Os preços dos produtos a nível internacional sofreram grande impacto inflacionários, parte devida à expansão da política fiscal necessária a manutenção dos empregos, e parte da retomada das atividades da cadeia de suprimento, sendo o transporte marítimo responsável por 90% da carga mundial, houve uma queda de 4%. Após a retomada, houve um aumento do transporte ferroviário e a manutenção do rodoviário, que correspondem 7% e 1%, respectivamente, do transporte de carga mundial (SLOCAT, 2021), como a maior parte do transporte de insumos é realizada por meio marítimo, justifica o desequilíbrio entre a oferta e demanda na cadeia de suprimento, que possivelmente, será retomada com novas encomendas a partir de 2023 para períodos pré-pandemia.

O transporte de carga compreende o mecanismo de abastecimento necessário para equilibrar a oferta e demanda por bens de produção e serviços em uma sociedade. Logo, o sistema de transporte como meio de transformação da cadeia de suprimento necessita de requisitos técnicos de alto nível para o aumento da eficiência no suprimento e distribuição física, para isso, grande parte das mudanças organizacionais aconteceram por influência da sociedade nas relações de consumo (CASTKA, 2018; SHANKAR *et al.*, 2018; RODRÍGUEZ-ESCOBAR *et al.*, 2006), em que os gerentes devem desenvolver habilidades para antecipar os acontecimentos, de forma a avaliar os riscos relacionados a não aplicação de boas práticas em sustentabilidade, garantindo a formulação de ideias proativa na preparação de estratégias e alocação ótima dos recursos.

Neste contexto, a integração empresa, sociedade e governo acontece com o desenvolvimento de padrões e ações de forma voluntária na formulação de rótulos e certificações, com o objetivo de informar os consumidores o compromisso das entidades com o meio ambiente, uma vez que visam incentivar o engajamento de todos os envolvidos com o propósito aos padrões ambientais de produtos e serviços (GALLASTEGUI, 2002; HALE, 1996).

A melhor prática para a aceitação é a autoavaliação dos critérios ambientais, por meio de um canal de comunicação eficiente, onde todos os envolvidos observarão os aspectos de sustentabilidade como critérios de escolha dos produtos (WALKER, 2016; ZARGHAMI

et al., 2019; ANDERSON *et al.*, 2013). A unificação e disseminação do conhecimento é através de associação empresarial, neste caso, todos participam da transformação necessária para atender os objetivos na satisfação dos interessados direta ou indiretamente na cadeia de suprimento (KALEDINOVA *et al.*, 2015). A transformação exige esforço em desenvolver protocolos de teste, revisão estratégica e verificação do desempenho em práticas gerenciais com o objetivo de reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) no transporte de carga. A perspectiva da sustentabilidade exige múltiplas abordagens e critérios nas decisões para reduzir as incertezas nos resultados (SMITS *et al.*, 2019; JEON *et al.*, 2010), de maneira a desenvolver um sistema de reconhecimento (SR) que apresente uma visão holística e não intervencionista nas atividades empresariais.

A tese busca como procedimento uma metodologia, que apresente resultados para a formação de um sistema de reconhecimento em transporte de carga sustentável (TCS), que colabore com a transição para uma cadeia de suprimento verde e o desenvolvimento de uma sociedade com zero emissão de carbono. Para isso, considera a aplicação dos aspectos econômicos, social e ambiental, os elementos internos e externos das empresas e a sua relação com a comunidade.

1.1 Problema de pesquisa

O reconhecimento e importância do transporte de carga com participação na redução da emissão de GEE e conservação do meio ambiente, iniciou-se na década de 70 com o transporte de baixo carbono, evoluindo para logística sustentável. Contudo, somente nos últimos anos, as empresas identificaram a necessidade do engajamento e amplitude das ações, transformando todo o conjunto de forças em transporte sustentável. Esse processo ocorreu com a preocupação na redução das emissões de gases e material particulado (MP), geração de emprego, distribuição de renda, qualidade de vida, descarte inadequado de matérias e utilização inadequada de recursos (OLIVEIRA e D'AGOSTO, 2017).

A mudança de paradigma em novos negócios, despertou preocupação aos empresários do ramo de transporte. Pesquisa realizada por Bennathan, Fraser e Thompson (1992) com amostras de 17 países, percebeu-se que a relação entre produto interno bruto (PIB) e t-km era quase que semelhantes, pois as mudanças de comportamento, no curto prazo, poderiam aumentar o custo de operação sem necessariamente, aumentar a atividade econômica. Houve avanços tecnológicos no tipo de combustível, na motorização e na

forma de condução dos veículos, porém, os esforços poderiam ser reduzidos com o aumento na venda de veículos e nenhuma política que comprometesse o desenvolvimento econômico seria aceita.

A primeira tentativa foi a criação do *Lorries and the Environment Committee* para avaliar o transporte de carga no Reino Unido. Entre os anos de 1974 e 1979 a comissão publicou vários relatórios, onde se detalhou as principais externalidades do tráfego de caminhões e os principais impactos no meio ambiente (ARMITAGE, 1980). A maior preocupação ocorreu com novos planejamentos e sistemas regulatórios, principalmente, com a recomendação do aumento do peso bruto máximo de 32 a 44 toneladas, que neste caso, o ganho de eficiência seria no momento de transporte (t.km), uma vez que reduziria o número de viagens necessárias para a entrega de mercadorias, contudo poderiam aumentar o risco de acidentes.

Em 1987 o *Brundtland Commission* criado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento elaborou o documento intitulado *Our Common Future*, pela primeira vez, o desenvolvimento sustentável é formalizado em documento oficial como uma prática a ser adotada pelos demais países. Deste então, os *stakeholders* não observaram somente os custos econômicos, mas os custos sociais e ambientais amplamente ignorados. Recentemente, existe uma pressão internacional para reduzir o impacto ambiental no sistema de transporte e por inserção de políticas públicas para o desenvolvimento e crescimento social mais equilibrado.

Segundo Mckinnon *et al.* (2010), o cruzamento de vários estudos ocorrido nos anos 1990 apontaram três métodos que enfatizaram o crescimento econômico, aos níveis de tráfego rodoviário de carga: i) redução da intensidade econômica (geralmente definida pela correlação tonelada transportada e PIB), ii) mudanças na divisão modal para modos alternativos, e iii) aumento da eficiência do veículo em relação ao momento de transporte. Desta forma, os aspectos econômico, social e ambiental se tornaram ferramentas importante de competitividade e inserção no mercado consumidor, algumas iniciativas foram: aplicação de pneus de baixa resistência ao rolamento, utilização de pneus de base mais larga, uso de energia mais limpa e eficiente, distribuição física de mercadorias, melhoria da aerodinâmica dos veículos, otimização da taxa de ocupação, redução do número de viagens, utilização de sistemas em telemetria, entregas noturnas, treinamento

na direção (*ecodriving*) e mudança tecnológica na motorização (OLIVEIRA E D'AGOSTO, 2017; ARVINDSSON *et al.*, 2013; QUACK, 2012).

A certificação surge como proposta para o acompanhamento do processo de boas práticas em sustentabilidade na cadeia de distribuição, necessidade de obtenção de matéria prima, descarte adequado de resíduos e reciclagem, de maneira a diferenciar o desempenho ambiental das empresas, respeitando os dispositivos legais. A participação e o nivelamento do conhecimento nas práticas de sustentabilidade podem ser desenvolvidos através do SR. As empresas certificadas são a garantia de que os processos na cadeia de distribuição atendam as normas para o TCS, de forma a agregar valor e competitividade. O desafio é a transferência de matéria-prima, na quantidade e qualidade adequadas, com excelência no nível de serviço entre os diferentes modos de transporte como rodoviário, ferroviário, aéreo, aquático e dutoviário, com menor impacto ao meio ambiente (SHANKAR *et al.*, 2018; STANK e GOLDSBY, 2000). As empresas estão no processo de mudança devido principalmente, a pressões externas da sociedade por produtos com menor impacto ao longo das fases de produção e serviço, consumo e desperdício de produtos (CHAPPIN *et al.*, 2015; REX e BAUMANN, 2007), e inclusive aquelas em progresso de “*esverdeamento*” (CROSSON, 2017; WIENGARTEN *et al.*, 2013; ANDERSON *et al.*, 2013).

1.2 Premissas e hipóteses

A tese sugere que o SR contribua com a proposta de tornar as empresas ambientalmente satisfatórias e que aumente a compreensão da sociedade no reconhecimento e na aplicação das boas práticas pelas empresas de transporte carga, de maneira a desenvolver maior competitividade e eficiência no consumo de energia, reduzindo as emissões de GEE e MP. Logo, aborda-se nesta tese as seguintes questões:

- O critério de seleção dos especialistas aborda as diferenciações nos tipos de transporte e suas implicações para o meio ambiente;
- É possível estabelecer uma identidade visual que facilite a avaliação da sociedade em relação as boas práticas aplicadas pelas empresas, de maneira a hierarquizar do menor para o maior a intensidade ambiental;

- Existe possibilidade de desenvolver um SR com o engajamento das empresas de transporte de carga, de maneira que as entidades se autoavaliem com redução das influências externas e incertezas do processo de avaliação.

Portanto, houve a necessidade de aprimorar as questões de reconhecimento para o TCS e a necessidades de uma metodologia, que envolva um processo de participação de membros da sociedade e das empresas como forma de remodelar uma cadeia de distribuição mais verde.

1.3 Objetivos geral e específico

A tese tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia de reconhecimento a aplicação das boas práticas de sustentabilidade em transporte de carga através da otimização algorítmica para redução do custo computacional que permita a interface com um selo de reconhecimento, de maneira a assegurar a equidade e transparência no processo de avaliação da sociedade.

Como objetivos específicos desta tese têm-se:

- Aumentar o entendimento da sociedade em contratar empresas que considerem em seu planejamento estratégico, investimento e processo operacional, aspectos relacionados a sustentabilidade;
- Aumentar a eficiência e ganho de competitiva das empresas certificadas, possibilitando a transição para transporte sustentável;
- Fortalecer a participação da sociedade na inspeção das boas práticas de sustentabilidade através do selo de reconhecimento;
- Elaborar um procedimento de avaliação, com a participação das empresas e especialistas, de maneira a permitir que o sistema de reconhecimento seja aperfeiçoado constantemente;
- Desenvolver um processo de avaliação que através da identidade visual possibilite a demonstração da intensidade na aplicação das boas práticas nos procedimentos de transporte de carga sustentável.

1.4 Originalidade e ineditismo

A originalidade desta tese se justifica pelo fato de que, em trabalhos anteriores ou por meio de revisões da literatura, não ter sido identificado um procedimento semelhante que se propõe a utilização dos aspectos de sustentabilidade, com a participação de especialistas entre os modos de transporte, embarcadores e nas atividades regionais de sustentabilidade. O modelo permite maior aproximação entre a comunidade e a empresa por meio dos temas de maior impacto em cada regionalidade, não sendo determinístico a nível global, abandonando o conceito de verdade absoluta para uma verdade relativa (ZADEH, 1965).

Portando, destaca-se a autoavaliação para o desenvolvimento de um SR que permeie todos os modos de transporte. A existência de membros do ambiente interno e externo na avaliação permite uma melhor observação das mudanças de critérios ambiental e uma fiscalização mais eficiente no fluxo de informação na aplicação das boas práticas. Esse processo permite a internalização dos padrões exigidos pela sociedade e pelo mercado, evitando influências da indústria e das forças exógenas dos concorrentes.

As maiores contribuições foram no desenvolvimento de uma metodologia que compreende os aspectos econômicos, social e ambiental para compor o SR para a certificação. Os aspectos de sustentabilidade foram tratados de forma normalizada, sem sobreposição dos indicadores e atributos onde a lógica *fuzzy* foi mais adequada, por tratar com sistemas abertos, onde existe a participação de membros de várias esferas da sociedade e alta volatilidade nos requisitos empresariais. A participação de múltiplos especialistas entre os modos de transporte, inseridos nos aspectos de sustentabilidade por meio de uma *survey* com escala Likert5 pode apresentar um custo computacional alto, com isso, alterar algoritmo de entrada foi uma solução para reduzir o tempo de processamento nas interações.

O desenvolvimento de uma metodologia com múltiplas abordagens que envolve destes as questões obrigatórias e legais até os procedimentos internos e externos das atividades de transporte foi importante para a transparência empresarial. Na avaliação externa, a lógica *fuzzy* contribui para reduzir a diversidade do julgamento dos especialistas e mitigar os erros humanos. Na interna, a matriz de avaliação analisou o comprometimento das empresas com a redução das emissões de carbono e de materiais inservíveis, e determinou

como os auditores deveriam examinar a percepção de quem recebe ação e de quem executa a ação, diante disso, as empresas poderiam aumentar a compreensão das mudanças e o acompanhamento dos critérios exigidos.

O desenvolvimento de uma identidade visual proveniente da classificação entre as empresas com as melhores práticas em TCS, melhora o engajamento das empresas em aprimorar as atividades de negócio através da autorregulação. Existe uma lacuna na participação das empresas nas questões sociais e soluções conjuntas (BÜYÜKÖZKAN *et al.*, 2018; GOVINDAN *et al.*, 2014). A identidade visual possibilita que os consumidores avaliem as empresas que possuem maior preocupação ambiental na cadeia de distribuição, proporcionando uma fiscalização de toda a sociedade, além disso, a certificação através da autorregulação apresentou uma visão holística e não intervencionista nas atividades empresariais, permanecendo o poder público, o interventor de última instância na fiscalização dos danos ambientais.

Enfim, a tese apresenta uma proposta metodológica, com base nos aspectos de sustentabilidade, que certifica as empresas de transporte de carga com boas práticas ambientais. O procedimento não possui características impeditivas, de forma que os temas mais relevantes de cada sociedade sejam tratados de maneira transparente através de consulta aos especialistas, e fiscalizado pelos consumidores através da interface da identidade visual.

1.5 Estrutura da tese

Considerou-se uma estrutura com seis capítulos.

Capítulo 1 - apresenta uma breve introdução, contextualiza o problema, dá motivação para o desenvolvimento da pesquisa, as premissas e hipóteses, os objetivos e trata do ineditismo da pesquisa.

Capítulo 2 – apresenta a fundamentação teórica da tese e a construção do pensamento crítico para o transporte sustentável. Argumenta as principais implicações para o transporte de carga e a evolução, acerca do conceito de logística de baixo carbono para a logística sustentável. Desta maneira, para o alcance das necessidades de aplicação do aspecto de sustentabilidade, abordam-se questões relativas as mudanças estratégicas e o

impacto econômico no ambiente de sustentabilidade e a associação com políticas de transporte de baixo carbono. Portanto, as mudanças ocorrem em torno da relação, impacto ambiental e transporte de carga, e a importância do monitoramento e controle das políticas de boas práticas em TCS.

Capítulo 3 – apresenta a proposta para o sistema de reconhecimento do TCS e tem a finalidade em organizar e demonstrar o processo de desenvolvimento do trabalho. A revisão da literatura contribuiu para a amplitude do debate sobre o tema, reunindo os principais trabalhos para o cruzamento de informações, de modo a preencher as lacunas existente, na sequência, a pesquisa permitiu a verificação dos melhores métodos de avaliação e monitoramento das boas práticas em sustentabilidade.

Capítulo 4 – descreve a metodologia para o reconhecimento do TCS e a importância da aplicação de um processo com múltiplas abordagens. A diferenciação em dimensões permitiu uma ampliação do conceito com absorção de variáveis internas e externas, de maneira a mitigar influências exógenas no procedimento de reconhecimento.

Capítulo 5 – apresenta a aplicação do sistema de reconhecimento e a consolidação das dimensões na avaliação. Esse procedimento permitiu uma comparação mais precisa entre as empresas, demonstrando o estágio de evolução na aplicação das boas práticas.

Capítulo 6 – por fim, são apresentadas as conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cadeia de suprimento é um conjunto interligado de atividades e negócios que se conectam através de pessoas, informação, materiais, serviços, recursos de transporte, manuseio e movimentação de materiais, com o objetivo de gerenciar uma estrutura eficiente, da extração de insumos até o descarte do material exaurido. Esse processo necessita ser aplicado de forma técnica, com profissionais capacitados em gerenciar cada processo da cadeia produtiva, no nível operacional, tático e estratégico.

De acordo com Miller (2016), a cadeia de suprimento é um conjunto de múltiplos horizontes temporais na gestão entre os pontos de interseção, facilitando o planejamento apropriado na estrutura geral. Para Iyer (2015) é uma coleção ou uma cadeia de empresas que coordenam suas atividades e escolhem as capacidades apropriadas com métricas de competição para entregar um produto ou serviço valioso aos clientes, garantindo seu compromisso com os clientes no serviço, planejando, contratando e compartilhando os riscos, onde as empresas precisam se adaptar as mudanças em todas as funções e transações. Assegurando que a capacidade de transporte esteja disponível e as entregas ocorram conforme programado, de forma que os fornecedores invistam em energia, pessoas e recursos para manter projetos e componentes competitivos, utilizando de armazéns e inventários implantados para otimizar o desempenho e o processo como um todo.

A cadeia de suprimento pode ser observada de forma intrínseca no planejamento das organizações, onde aumentam a interdependência entre as empresas no ambiente logístico para entregar serviços com nível de serviço adequado. Essa visão é observado em Bowersox *et al.* (2002), que definem como uma colaboração das empresas para alavancar o posicionamento estratégico e melhorar a eficiência operacional. Onde cada empresa envolvida, reflete em escolhas de planejamento e arranjos de canais baseados na dependência do processo e no gerenciamento das relações. As operações da cadeia de suprimento exigem coordenação do processo que abrangem áreas funcionais dentro de empresas individuais e vinculam negociações a parceiros e clientes através dos limites organizacionais.

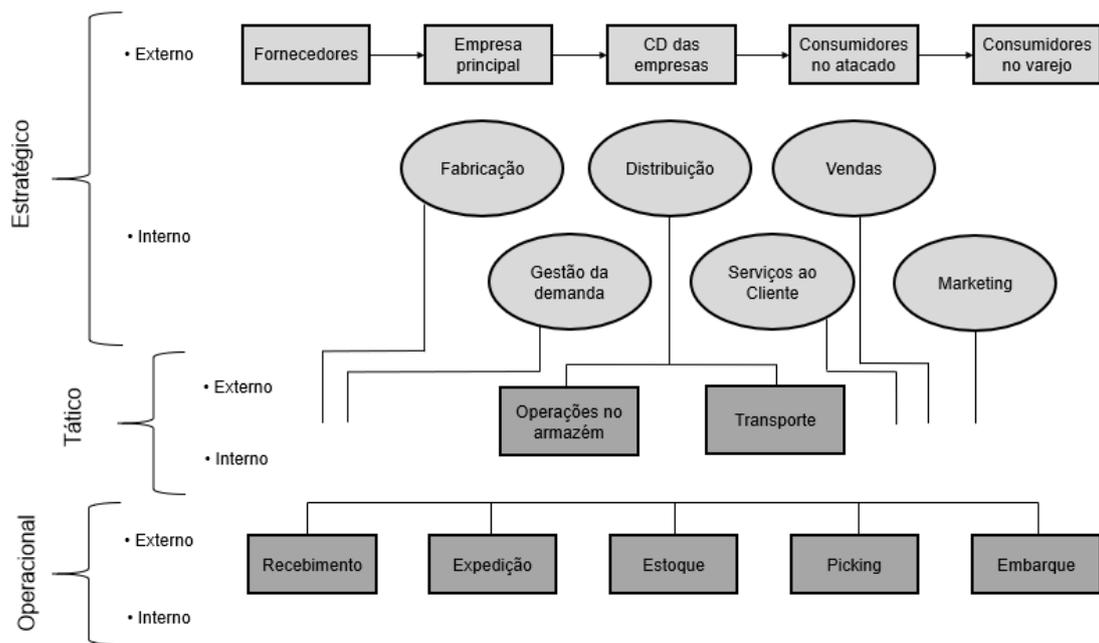
A cadeia logística se diferencia, principialemnte, nas relações e integrações para realizar todo o processo da cadeia de suprimento. Neste caso, entende-se como a forma que os

gestores nas micros decisões realizam o trabalho em cadeia de comando de forma mecânica ou orgânica nos níveis operacional, tático ou estratégico. Seria a gestão das metas e dos objetivos em direção aos planos organizacionais, de maneira a fortalecer toda a cadeia de suprimento para o objetivo comum. Para Bowersox, Closs e Cooper (2002), a logística é o trabalho necessário para integrar todas as posições da cadeia de suprimento, conectado por subconjuntos, que ocorre dentro de um estrutura mais ampla. De certa forma, o *Council of Logistics Management* (1998) definiu como parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implementa, e controla o fluxo e armazenamento eficiente e eficaz de serviços e informações desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, a fim de atender aos requisitos dos clientes.

A logística em cada passo cria valor pela capacidade de gerenciar as informações, pedidos, manuseio, armazenagem, estoques de materiais, embalagem e transporte, em instalações integradas e sincronizadas na cadeia de suprimento como um processo contínuo e essencial, adaptando as mudanças tecnológicas, e a forma como o trabalho é realizado.

Em um contexto maior, o sistema de transporte é visto como ferramenta que está entre o nível estratégico e o nível tático das empresas. De acordo com Miller (2016), observa-se os níveis hierárquicos sob duas medidas de desempenho: i) medidas externas que são destacadas como atividades fins da empresa, logo concentram-se na eficácia dos indicadores de desempenho, assim como, os fluxos de trabalho e as interfaces da cadeia de suprimento; ii) medidas internas que são destacadas como atividades meio da empresa, logo concentram-se na eficiência e como os objetivos serão alcançados, relacionados aos custos, a produção e nível de serviço.

Em todos os casos, a necessidade de trabalharem interligados para maximizar a satisfação na entrega da mercadoria com o mínimo de custo é uma imposição, pois observando apenas as medidas externas (eficácia) o modo de transporte mais rápido e seguro, sempre será preferível ao modo mais lento e menos seguro. Ao contrário, se observado apenas as medidas internas (eficiência), o modo de transporte com menor custo, sempre será preferível. A qualificação do transporte, principalmente, em relação ao nível de serviço, é determinada pelo cliente, seja interno ou externo da cadeia de suprimento. A Figura 2.1 exemplifica o nível hierárquico e as definições de cada setor na cadeia de suprimento.



Fonte: elaboração própria a partir de Miller (2016)
 Figura 2.1: Estrutura hierárquica das medidas de desempenho.

A estrutura hierárquica da cadeia de suprimento é representada desde a estrutura dos componentes dos fornecedores até os centros de distribuição. Desta forma, em cada nível de gestão, deve-se medir o desempenho externo e interno para monitorar a eficácia e a eficiência das funções. A proposta da pesquisa é se concentrar apenas nos efeitos de transporte na sociedade e sua interação aos níveis operacional, tático e estratégico.

As medidas de desempenho devem ser avaliadas e monitoradas integrando aos subsistemas, pois a aplicação no nível operacional as decisões são tomadas de forma diária e diretamente relacionada a fatos previsíveis no ambiente interno. O nível tático está relacionado as questões de integração, entre o nível abaixo e acima do sistema, as decisões são gerenciais no espaço e tempo de um ano, interligando o ambiente interno e externo. O nível estratégico, as decisões são tomadas no longo prazo, observando os movimentos de mercado no ambiente competitivo. Quanto mais próximo do nível operacional, mais detalhada são as informações de medidas de desempenho, e quando mais próximo do nível estratégico, maior amplitude tem as informações.

2.1 Transporte de carga

A utilização de veículos para o transporte de carga é fundamental para o suprimento e distribuição física de mercadorias e serviços. A eficiência no transporte de mercadorias

aumenta o lucro das empresas e reduz o custo das operações. Os custos logísticos no Brasil representam 12,37% em relação ao faturamento bruto das empresas (FDC, 2017), e 7% a 9% do PIB mundial (ILOS, 2016). A maior parcela dos custos de transporte no Brasil está no combustível (CEL/COPPEAD, 2006; FDC, 2017), onde 55% do total de energia produzido, proveniente do petróleo, é direcionado ao transporte de carga em forma de óleo diesel (SEEG, 2017). A nível de comparação, nos Estados Unidos, o custo com mão de obra possui maior impacto nos custos de transporte, corresponde a maior peso dos custos fixos em sua composição. Contudo, o custo logístico total no Brasil representa 12,75%, e nos Estados Unidos, 8,19% da receita bruta das empresas entre 2004 e 2017 (CEL/COPPEAD, 2006; FDC, 2017).

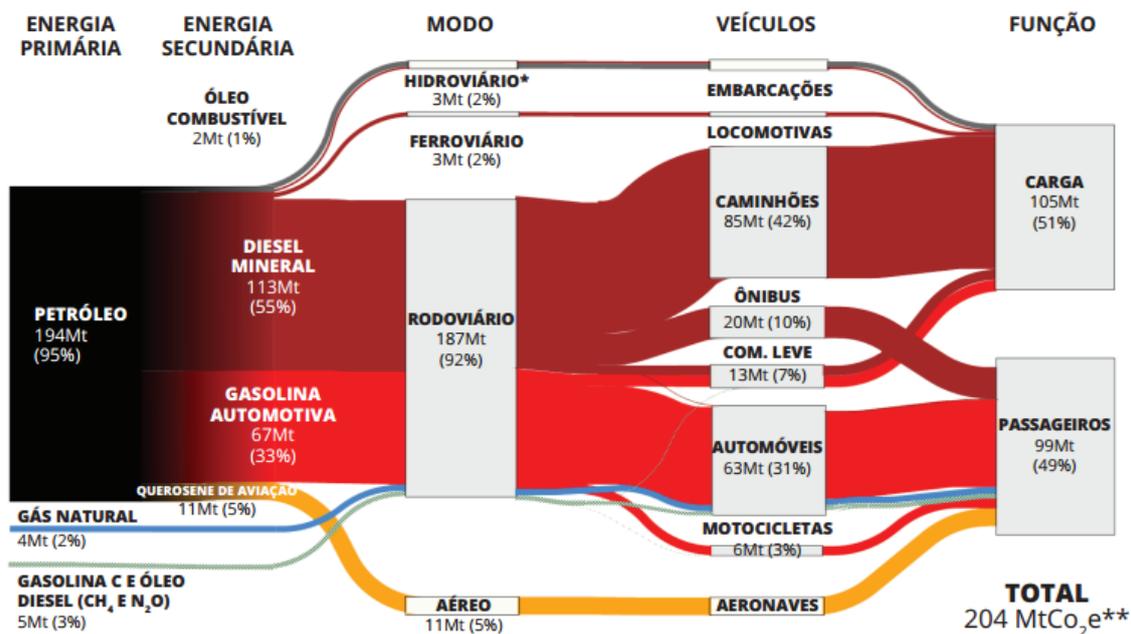
O crescimento econômico possui uma forte correlação com o aumento da demanda no consumo de energia. Entre 2005 e 2015 houve um aumento médio de 4,8% no consumo de energia em transporte, a maior parte é direcionada ao modo rodoviário que corresponde por 93% do consumo total no Brasil, onde 77% são provenientes de combustíveis fósseis para o ano de 2015 (SEEG, 2017).

A maior parte do consumo no sistema de transporte é dependente de fontes extraídas do petróleo. O consumo aumenta significativamente as emissões de gases poluentes, gases de efeito estufa - GEE e material particulado - MP, desta forma, os principais poluentes atmosféricos associados ao transporte são: as partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP₁₀) e fumaça, óxido de enxofre (SO_x), óxido de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), Aldeídos (R-COH), ozônio (O₃) e hidrocarbonetos não-metano (HCNM). Especificamente, a emissão de GEE em 1990 era de 84,9 milhões de toneladas, em 2015 as emissões alcançaram 204,4 milhões de toneladas. Entre 2014 e 2016 houve um decréscimo de 5,7% no consumo de energia, pois houve uma variação negativa no PIB, paralelamente, verificou-se aumento do investimento em energias renováveis.

Em 2018, o relatório da *Allianz Climate and Energy Monitor* constatou que o Brasil e Itália foram os países que mais surpreenderam positivamente no aumento de investimento em energia renovável, especificamente em energia solar e eólica. Esses efeitos reduziram em 7,4% as emissões de gases poluentes. Importante destacar que o transporte de carga é responsável por 51% das emissões de GEE em transporte. Desagregando as emissões

entre os veículos, 42% são destinadas aos caminhões, e 31% aos automóveis. No Brasil, tal como no mundo, o transporte é responsável por 20% e 25% (SLOCAT, 2018) do total das emissões de CO₂, respectivamente.

O mapeamento do fluxo de emissões apontado pelo diagrama de Sankey na Figura 2.2 destaca os principais pontos dos níveis de processo por modo de transporte (aquático, ferroviário, rodoviário e aéreo), facilitando a identificação dos maiores impactos e oportunidade, a fim de eliminar ou mitigar as emissões no longo prazo.



Nota*: Uma parcela do uso de combustíveis em embarcações decorre do transporte de passageiros. Devido à ausência de informações fundamentadas e a sua pouca importância no conjunto das emissões, optou-se por alocar as emissões deste modo no transporte de cargas.

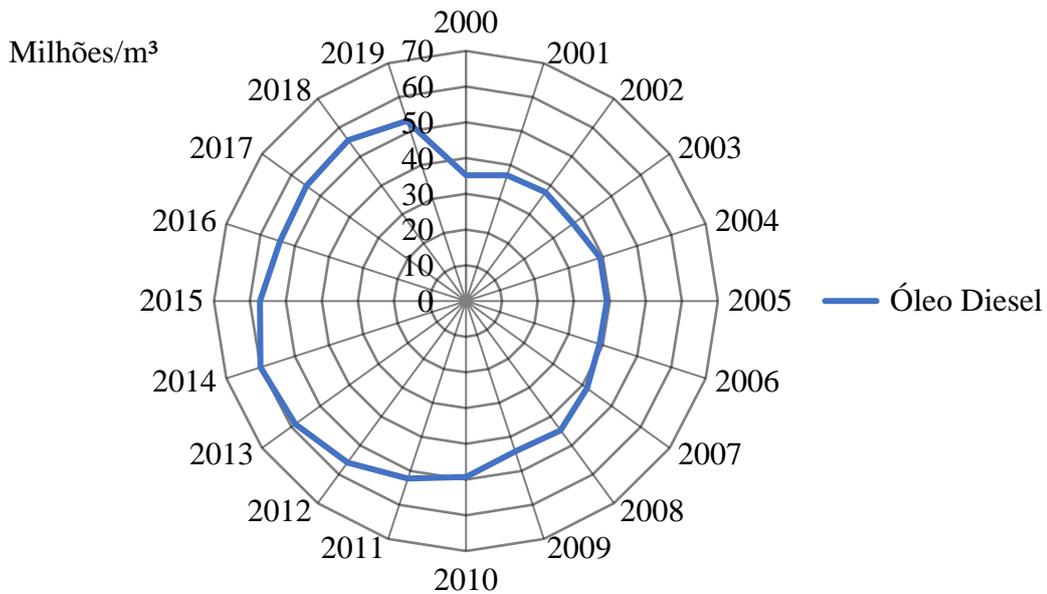
Nota**: Incluídas as emissões do consumo de álcool hidratado no transporte rodoviário que correspondem a 1 Mt e as emissões do consumo de gasolina de aviação no transporte aéreo que correspondem a 0,1 Mt.

Fonte: Balanço Energético Nacional (MME) e Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA). SEEG, 2017.

Figura 2.2: Diagrama de Sankey das emissões de GEE dos transportes em 2015.

A variação no consumo de combustível impacta na qualidade de vida das pessoas, pois o crescimento econômico, sem o desenvolvimento de novas tecnologias para redução de emissões de gases poluentes, aumenta a sensibilidade entre poluição e doenças respiratórias. A nível mundial, existe uma estimativa de 1,15 milhões de óbitos ao ano causado por poluição externa (*outdoor*), responsável por 2% de todas as mortes, estima-se que o número de óbitos pelo mesmo motivo no Brasil é cerca de 20 mil ao ano. Ambos os casos causados por poluição de causa externa (WHO, 2009 e ÖBERG *et al.*, 2010).

A questão social é influenciada pela disseminação do conhecimento em sustentabilidade, definida pela criação de cargos e empregos diretos e indiretos, qualidade de vida, e redução de doenças relacionadas a poluição. O consumo de óleo diesel representa 55% de toda energia de fonte fóssil proveniente do petróleo. A Figura 2.3 destaca o ano de 2014 como o ponto de máxima na venda de óleo diesel no Brasil.



Fonte: Produção própria. Dados: ANP. Venda, pela distribuidora, dos derivados combustíveis de petróleo por unidade da federação e produto (2000-2019)
Figura 2.3: Consumo de diesel no Brasil.

O transporte de carga compreende o mecanismo de abastecimento de grandes e pequenas quantidades de mercadorias, de forma a aumentar a eficiência dos custos e do período correto de abastecimento em determinado tempo. Os principais tipos de carga são:

- 1) Carga Geral – cargas completas ou fracionadas, embaladas ou não, que pode ou não utilizar equipamentos específicos no embarque ou desembarque;
- 2) Carga Seca – as cargas que não dependem das condições do tempo (calor, frio, sol, chuva, dia e noite), geralmente se enquadram as cargas não perecíveis;
- 3) Carga Líquida – cargas em estado líquido, são condicionadas em reservatórios específicos e apropriados para preservar a carga e evitar a sua perda;

- 4) Carga Frigorífica – cargas específicas e perecíveis, necessita que o tipo de transporte utilizado esteja adaptado com câmaras de resfriamento para condicionar a carga congelada ou resfriada;
- 5) Carga a Granel: o transporte é realizado com veículos adaptados com cisternas ou tanques em carrocerias adaptadas para o embarque e desembarque adequado. Esse tipo de transporte pode ser realizado por carga líquida, gasosa ou sólida;
- 6) Carga de veículos – o transporte é realizado por carroceria específica determinada cegonha ou guincho. Pode transportar desde veículos novos ou usados. No caso de transporte marítimo, utiliza-se navios tipo *roll on roll off* – RORO;
- 7) Carga unitizada – essas cargas são transportadas por contêineres ou cofre de carga, a principal característica desse tipo de carga é a segurança em relação a roubos e furtos, assim como as garantias de qualidade e o nível de serviço;
- 8) Carga perigosa – cargas que são controladas por órgão ambientais, pois a sua má utilização pode trazer danos ao meio ambiente. São produtos químicos e inflamáveis que possuem uma classificação de risco e devem utilizar equipamentos adequados e específicos;
- 9) Carga de valores – transportada por veículos blindados apropriados para o transporte de bens de alto valor por equipe de segurança armada. Geralmente possuem dispositivos de segurança com abertura por senha, ou em local específico;
- 10) Carga viva – exige carroceria específica e adequada para o transporte de animais vivos. O motorista precisa ter treinamento adequado. Esse tipo de carga não é orientado para longas distâncias;
- 11) Carga aquecida – realizado em compartimento com temperatura aquecida para evitar danos e perdas ao material transportado. Geralmente são utilizados maçaricos para manter a temperatura e as características de utilização do produto;
- 12) Cargas explosivas – cargas que possuem alto risco de explosão, seja pela ação do calor, do atrito ou choque. A sua natureza requer altos níveis de segurança e treinamento do motorista para evitar acidentes e desastres no transporte;
- 13) Carga de medicamento – exige compartimento adequado e livre de contaminação, geralmente são cargas de alto valor agregado. As cargas

farmacêuticas são monitoradas em toda a cadeia de suprimento para evitar a falsificação ou contaminação;

- 14) Cargas de grande porte – é o transporte de cargas que não possuem padrão em relação ao peso ou dimensão, possuem alto grau de risco de acidentes que necessitam de treinamento para o embarque e desembarque. As cargas geralmente são projetadas para alocação em projeto de grande vulto, logo o transporte precisa de planejamento em todo o seu trajeto, inclusive de técnicos de diversas áreas para não danificar ou modificar a mercadoria.

O tipo de transporte de carga é influenciado por externalidades, que muitas das vezes, não estão diretamente ligadas as condições normais de carga. As condições industriais em satisfazer o tipo de carga do cliente e a melhor forma de comercializar o produto, aumentam as dificuldades em relação a dimensão, tempo e nível de serviço de transporte de carga. As transportadoras precisam criar condições de preparo técnico para um transporte seguro, embarque e desembarque adequado das mercadorias.

2.2 Transporte Sustentável

2.2.1 Mudança estratégica e o impacto econômico no ambiente de sustentabilidade

O aumento da disseminação das ações e cuidado com o meio ambiente provocaram mudança nos paradigmas em transporte de carga, a poluição emitida se tornou perceptiva ao consumidor, de forma que cobranças sociais e novos mecanismos de competitividades foram variáveis de escolha na tomada de decisão por empresas. A existência de correlação entre PIB e carga transportada, sinalizava que as decisões de sustentabilidade em produtos ou transporte poderiam aumentar os custos no curto prazo, sem necessariamente aumentar a atividade econômica, pois o consumidor tem maior sensibilidade ao preço. Contudo, o direcionamento e esforço para uma mentalidade de baixo carbono, aumentou o avanço tecnológico em combustível, motorização e condução de veículos. A Tabela 2.1 demonstra a evolução da pesquisa no esforço em reduzir custos na operação de transporte da década de 1990 até 2018. Percebe-se que antes de 2016 não existiam estudos de redução de custos com enfoque em sustentabilidade, pois havia resistência das empresas em tratar os aspectos econômico, social e ambiental em conjunto. Mudanças de comportamento da sociedade aumentaram a necessidade das empresas em relação aos impactos ambientais causados por seus negócios e como essa associação poderiam afetar os investimentos no longo prazo.

Tabela 2.1: Pesquisas de racionalização dos custos no transporte de carga

Autor/Organização	Local da pesquisa	Ano	Divisão modal*	Intensidade de transporte*	Utilização de veículos*	Localização Geográfica	Teletrabalho	Sistema de trânsito inteligente	Sustentabilidade	Rastreamento e Roteirização
Di Martino e Wirth	Estados Unidos	1990					x			
Ebeling	Estados Unidos	1990		x	x					
Hey <i>et al.</i> EURES / Greenpeace*	Europa	1992	x	x	x					
Twede	Estados Unidos	1992		x	x					
Peters Werkgroep 2000*	Holanda	1993	x		x					
DIW / ifeu / IVA / HACON*	Alemanha	1994	x		x					
Royal Commission on Environmental Pollution*	Reino Unido	1994	x	x	x					
Frolick <i>et al.</i>	Estados Unidos	1994					x			
Plowden and Buchan Civic Trust*	Reino Unido	1995	x	x	x					
Lockamy	Alemanha	1995		x	x					
Bleijenberg CE*	Europa	1996	x	x	x					
Holman T&E	Europa	1996	x	x	x					
Caputo e Mininno	Europa	1996	x	x					x	
Pastowski Wupperthal Institute*	Alemanha	1997		x						
Schipper <i>et al.</i> International Energy Agency*	OECD	1997	x	x	x					
Caputo e Mininno	Europa	1998	x	x					x	
Schönsleben	Alemanha	2000								x
Golob e Regan	Estados Unidos	2001					x			
Black	OECD	2002						x		
Saghir	Suécia	2002			x					
Oum e Park, Ekenstedt	Asia	2004				x				

Autor/Organização	Local da pesquisa	Ano	Divisão modal*	Intensidade de transporte*	Utilização de veículos*	Localização Geográfica	Teletrabalho	Sistema de trânsito inteligente	Sustentabilidade	Rastreamento e Roteirização
Barratt	Estados Unidos	2004	x						x	
Araújo, Bandeira e Campos	Brasil	2004							x	
Faria e Costa	Brasil	2005		x	x					
Zhang	Estados Unidos	2006		x						
Jarašuniene	Europa	2007						x		
Crujssen <i>et al.</i>	Europa	2007	x						x	
Zarkadoula <i>et al.</i>	Grécia	2007		x	x				x	
Maibach <i>et al.</i>	Europa	2008							x	
Simchi-Levi <i>et al.</i>	Estados Unidos	2008								x
Barth e Boriboonsomsin	Estados Unidos	2008		x	x				x	
Ren e Kwan	Estados Unidos	2009					x			
Gudehus e Kotzab	Europa	2009								x
Barkenbus	Estados Unidos	2010		x	x				x	
Wu <i>et al.</i>	China	2017		x					x	
Xiong	China	2011		x						
Mijalska-Szewczak e Stoma	Polónia	2012		x	x					
Ecorys	Holanda	2013		x	x					
García-Álvarez <i>et al.</i>	Espanha	2013		x	x					
Caulfield e Ahern	Irlanda	2014					x			
Calderwood e Freathy	Europa	2014					x			
Teixeira, Oliveira e Helleno	Brasil	2014		x	x					
Gattuso e Pellicanò	Estados Unidos	2014						x		
Roni <i>et al.</i>	Estados Unidos	2014		x	x				x	
Abuzo e Muromachi,	Asia	2014		x	x				x	
Thijssen, Hofman e Ham	Europa	2014		x	x				x	
Yang <i>et al.</i>	Estados Unidos	2014		x			x			

Autor/Organização	Local da pesquisa	Ano	Divisão modal*	Intensidade de transporte*	Utilização de veículos*	Localização Geográfica	Teletrabalho	Sistema de trânsito inteligente	Sustentabilidade	Rastreamento e Roteirização
Zhang <i>et al.</i>	Estados Unidos	2014		x			x			
Cintra	Brasil	2014		x						
Kinra	Mundo	2015				x				
Caulfield	Irlanda	2015					x			
Magaña e Muñoz-Organero	Espanha	2015		x	x					
Jimenez e García	Espanha	2015		x			x			
Kaewpuang	Singapura	2016			x				x	
Saujot e Lefèvre	França	2016	x	x					x	
Murali, Ordoñez e Dessouky	Estados Unidos	2016								x
Luo, Xu e Cao	China	2016		x						
Qi <i>et al.</i>	China	2016		x						
Zou <i>et al.</i>	China	2016		x						
Oliveira e D'Agosto	Brasil	2017	x	x					x	
Luijt <i>et al.</i>	Holanda	2017								
Stillwater, Kurani e Mokhtarian	Estados Unidos	2017		x	x				x	
Desai, Loke e Desai	Austrália	2017		x						
Harris <i>et al.</i>	Reino Unido	2018			x					

Nota: A Tabela retrata a evolução das pesquisas na redução dos custos logísticos desde os anos de 1990.

Fonte: Elaboração própria. Os dados com asterisco foram elaborados por Mckinnon *et al.* (2010).

A evolução dos conceitos de eficiência no transporte de carga, despertou novas necessidades e cobranças por parte da sociedade. Antes, a maior preocupação era na redução dos custos e na melhoria do nível de serviço. Os pesquisadores abordaram as necessidades de mudanças pontuais de como as empresas realizam o transporte a nível de suprimento e distribuição física, sem o aumento dos custos relacionados as questões econômicas e ambientais.

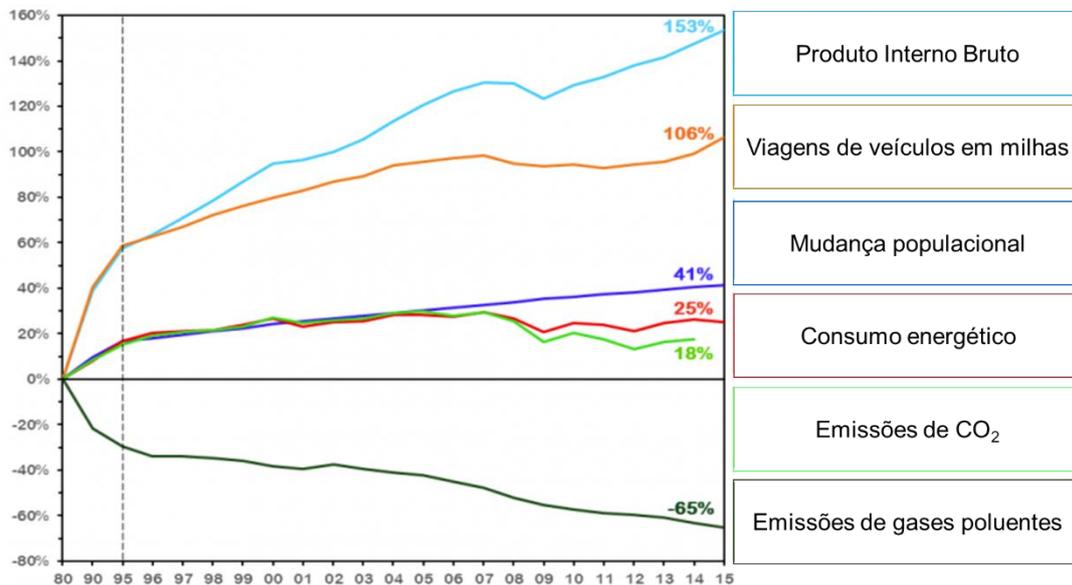
O enfoque era na consolidação da carga, como forma de redução dos níveis de tráfego, uso de energia e emissões. Os resultados apontavam para a criação de centros logísticos na parte extrema das cidades como forma de inserção de práticas eficiente na redução dos custos, porém não apresentavam benefícios econômicos, somente os aspectos ambientais eram beneficiados. (RUSHTON, 1979). De qualquer forma, as pesquisas avançaram com intuito de melhorar as condições ambientais, com menor impacto econômicos, pois os agentes e o mercado apresentaram sensibilidades as mudanças de custos e preços.

2.2.2 Desenvolvimento de políticas de transporte de baixo carbono

O aumento do desenvolvimento econômicos e do consumo de combustível no transporte de grandes quantidades de cargas, percebeu-se um aumento da poluição nos grandes centros urbanos. No final dos anos de 1990, houve interesse por pesquisas em redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Os projetos, *COST 321 Programme* realizou pesquisas em 28 cidades em 11 países europeus, com objetivo de melhorar a eficácia do conjunto de fretes urbanos medidas sobre ecologia, tráfego, economia e segurança (European Commission, 1998). O *Best Urban Freight Solutions Programme*, intensificou pesquisas para ampliar o domínio e os impactos do transporte de carga nos centros urbanos, ambas as pesquisas realizadas na europa, se concentraram nas emissões de CO₂. Pesquisas semelhantes foram observadas no Japão (TANIGUCHI *et al.*, 2001).

Nos Estados Unidos, as pesquisas relacionadas a GEE e Poluentes Atmosféricos - PA, iniciaram-se em 1970 com a lei do Ar Limpo, o governo americano criou a *Environmental Protection Agency* – EPA com o propósito de fiscalizar e regular as emissões de gases em vários aspectos, principalmente no transporte (EPA, 2018). Os veículos hoje, poluem menos 99%, do que os fabricados na década de 1960. Desde 1995, o chumbo foi eliminado do combustível e os níveis de enxofre são 90% menores do que antes da regulamentação. O aumento da atividade econômico e das viagens de veículos em milhas

não foram um empecilho para a redução da poluentes. A Figura 2.4 demonstra uma comparação das mudanças do PIB, viagens de veículos em milhas, mudança populacional, consumo energético, emissões de CO₂ e emissões de gases poluentes.



Fonte: 2014: US Greenhouse Gas Inventory report - (Produto interno bruto: Bureau of Economic Analysis. Viagens de veículos em milhas: Federal Highway Administration. mudança populacional: Census Bureau. Consumo energético: Dept. of Energy, Energy Information Administration. Emissões de gases poluentes: Air Pollutant Emissions Trends Data). EPA (2018) - Dados: emissões de CO₂ estimado até 2013.

Figura 2.4: Comparação das áreas de crescimento e emissões, 1980 – 2015.

Existe uma correlação negativa entre os dados de crescimento econômico e gases poluentes, implicações tecnológicas e eficiência energética contribuiram para redução. Isso demonstra a importância de inserção de política públicas na redução de poluentes atmosféricos (PA). Observa-se que o PIB da economia americana cresceu 153% desde os anos de 1980, e os PA decresceram 65% em relação ao mesmo período. Estimativas globais sugerem que a poluição atmosférica externa provoca a morte de cinco vezes mais indivíduos que o número de mortes por tabagismo (WHO, 2009; ÖBERG *et al.*, 2010). Contudo, mesmo os GEE e consumo energético não crescendo na mesma proporção do PIB, houve um crescimento nos últimos 35 anos.

No Brasil, o transporte de carga representa 51% das emissões de dióxido de carbono em transporte ou 111 MtCO₂ para os anos de 2014 (SEEG, 2017). Em 2009 houve forte crescimento nas emissões, principalmente, relacionados ao transporte de carga, como o consumo de energia está correlacionado ao crescimento da economia, pode-se comparar

com o forte aumento da quilometragem total por viagem, assim como o aumento nas vendas de veículos no período. Outro fator importante foi o aumento do consumo da gasolina, pois houve choques de preço no etanol que influenciaram negativamente na competitividade e no preço relativo ao consumidor final, e divisão modal no Brasil, incentiva a ineficiência na relação de consumo energético por t.km.

O modo de transporte predominante no Brasil é o rodoviário, onde é transportada 58% de toda carga. Na Rússia e nos Estados Unidos, o transporte de carga por rodovia representa 8% e 32%, respectivamente. A principal diferença é o investimento em outros modos de transporte, e a sua distribuição ao longo da cadeia de suprimento, na Rússia existem 85 mil km e nos Estados Unidos 293 mil km de malha ferroviária. No início do século passado houve investimento em ferrovias de maneira a aumentar a velocidade do deslocamento e integrar as cidades, por causa do tamanho continental de ambos os países. No Brasil no mesmo período havia muito investimento no modo ferroviário, contudo, a partir de década de 40 ocorreram desinvestimentos por causa da crise do café, que era a principal carga até os grandes portos, depois desde período, houve pouco incentivo para expandir a malha ferroviária, e os impactos foram percebidos tempos depois na relação custo logísticos e as emissões de gases. O transporte rodoviário emite quatro vezes mais CO₂ por tonelada por quilometro útil - TKU, do que o transporte ferroviário, e até cinco vezes mais do que o transporte aquático. O transporte rodoviário de carga emite cinco vezes mais que a soma dos transportes aéreo, ferroviário e aquático no Brasil.

Desde 2014, a retração econômica no Brasil, reduziu o consumo de energia e as emissões de CO₂, contudo, os efeitos não são somente provenientes da atividade econômica, SEEG (2016) destaca que parte da redução das emissões de CO₂ está relacionada ao aumento do consumo de biocombustível na frota circulante, melhoria do transporte público de massa, eletrificação dos transportes, e aumento da eficiência energética em todos os setores, essas mudanças aumentaram o ganho competência na redução de emissões a nível nacional. Como forma de incentivar a redução das emissões deve-se:

- Estimular o consumo de biocombustível;
- Aumento de eficiência energética, incentivando o menor número de viagens possíveis, com o menor uso de energia. Relação entre consumo de energia e momento de transporte (MJ/t.km);

- Planejar e incentivar associações de empresas, de forma a compartilhar a utilização de depósitos e cargas;
- Investimento na mobilidade urbana e na segurança, a fim de reduzir o deslocamento nas entregas e coletar de mercadorias, no nível de distribuição na cadeia de suprimento;
- Melhoria no sistema de transporte público, desincentivando a utilização de transporte individual;
- Incentivo no uso de transporte não motorizado; e
- Aporte financeiro em pesquisas relacionadas a eficiência energética como: utilização de outros modos de transporte, eficiência na motorização, centros de distribuição estratégicos etc.

2.2.3 Justificativa e motivação para redução do impacto ambiental ocasionado pelo transporte de carga

O aumento na eficiência logística ganhou destaque em pesquisa, como forma de aumentar os lucros pelo desempenho de gestão. Com o desenvolvimento do tema nos últimos 50 anos, Mckinnon *et al.* (2010) percebeu o impacto positivo na forma de aumentar o desempenho logístico, integrando a cadeia de suprimento, com menos recurso e mantendo o alto nível de serviço. Houve separação em processamento de pedido, armazenagem, estoque e transporte. Esse último tema, apresentou maiores destaque por representar 44% dos custos logísticos (FDC, 2017) e maior impacto dos custos no faturamento das empresas brasileiras.

O consumo de energia proveniente do petróleo é o responsável pelo maior peso nas emissões de poluentes atmosféricos - PA, gases de efeito estufa – GEE, e material particulado - MP. Segundo IEA (2016) o transporte consome 54% de todo o petróleo do mundo para dados de 2012 entre os países da OCDE, e 45% para os países não pertencentes.

No Brasil, o transporte consome 64,4% de todo petróleo refinado (SEEG, 2017), e somente o óleo diesel, representa 43% (EPE, 2017). Sintetizando, a logística consome de 9% a 12% da energia consumida no mundo (Sims *et al.*, 2014) e cerca de 19% da energia consumida no Brasil (D'AGOSTO, 2015). Esse consumo de energia é responsável por

emitir 204 MtCO_{2e}, o transporte de carga nos grandes centros provoca transtornos que podem ser irreversíveis, que muitas das vezes são referentes a poluição atmosférica, emissão de gases de efeito estufa, geração de ruídos, vibração, intrusão visual, geração de resíduos sólidos e líquidos.

A forma como o sistema de armazenagem e estoque se desenvolve, exige cada vez mais habilidade dos gestores em realizar entregas e coletas em determinados horários específicos. Grandes carrocerias são proibidas nos grandes centros urbanos, logo requer um número maior de veículo urbano de carga – VUC, além disso, existem restrições de horários em muitas cidades, tendo que aumentar o número de VUC para suprir a demanda e manter o nível de serviço. De acordo com Holmen e Niemeier (2003), motores a diesel emitem maiores níveis de material particulado – MP e óxido de nitrogênio, possuindo maior capacidade de corrosão.

Segundo McKinnon *et al.* (2010), os efeitos ambientais são de primeira e de segunda ordem. Os impactos ambientais de primeira ordem estão associados ao transporte de mercadorias, armazenagem e manuseio de materiais. Os impactos de segunda ordem estão associados aos resultados indiretos dessas ações. Portanto, o cidadão está exposto a sofrer ações dos efeitos indiretos das mudanças ambientais, principalmente, pela expansão das vias de transporte nos centros urbanos, onde existe um maior adensamento de pessoas. As mudanças de primeira ordem estão associadas a aumento do tráfego de caminhões ou do tráfego aéreo. Os impactos primários podem ser três vezes maiores a nível urbano, do que caminhões que percorrem em longas distâncias. Por outro lado, os efeitos do GEE danificam a atmosfera global, prejudicando em diferentes faixas de distâncias. Para *United Nations Inter-governmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) as ações humanas podem expandir para um desequilíbrio entre faixas, que podem necessitar de centenas ou milhares anos para retornar, em alguns casos, pode ser irreversível.

Motores a diesel tem maior eficiência energética se comparados com os a gasolina, porém emitem mais CO₂, óxido de nitrogênio e material particulado, contudo, para veículos de carga, pela utilização da força necessária para o deslocamento, faz-se necessário esse tipo de combustível (HOLMEN e NIEMEIER, 2003). A Tabela 2.2 demonstra os efeitos dos poluentes na sociedade.

Tabela 2.2: Extensão geográfica dos efeitos poluentes

Efeitos	MP	HM	NH ₃	SO ₂	NO _x	NMVOC	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Global										
GEE indireto					x	x	x	x		
GEE direto								x	x	x
Regional										
Acidificação			x	x	x					
Fotoquímica					x	x	x			
Local										
Saúde e qualidade do ar	x	x	x	x	x	x				

Legenda: MP = material particulado, HM = *heavy metals* (Metais pesados), NH₃= amônia, SO₂ = dióxido de enxofre, NO_x = óxido de nitrogênio, NMVOC = compostos orgânicos voláteis não metálicos, CO = monóxido de carbono, CH₄ = Metano, CO₂ = Dióxido de carbono, e N₂O = Óxido nitroso.

Fonte: Produção própria adaptada de Mckinnon *et al.* (2010).

A incorporação de novos conceitos nas pesquisas em transporte de baixo carbono (como é chamado o transporte com enfoque em redução de gases de efeito estufa), despertou preocupações quanto ao descarte inadequado de resíduos e utilização inadequada de recursos. Segundo Oliveira e D'Agosto (2017), a logística verde amplia a abrangência para a consideração de outros atributos ambientais, como emissão de poluentes atmosféricos, produção de ruído e vibração, consumo de água e geração de resíduos sólidos e líquidos. Logo, destaca a preocupação com desenvolvimento e disseminação do conhecimento para redução de CO₂, descarte adequado, e utilização correta dos recursos e insumos das empresas.

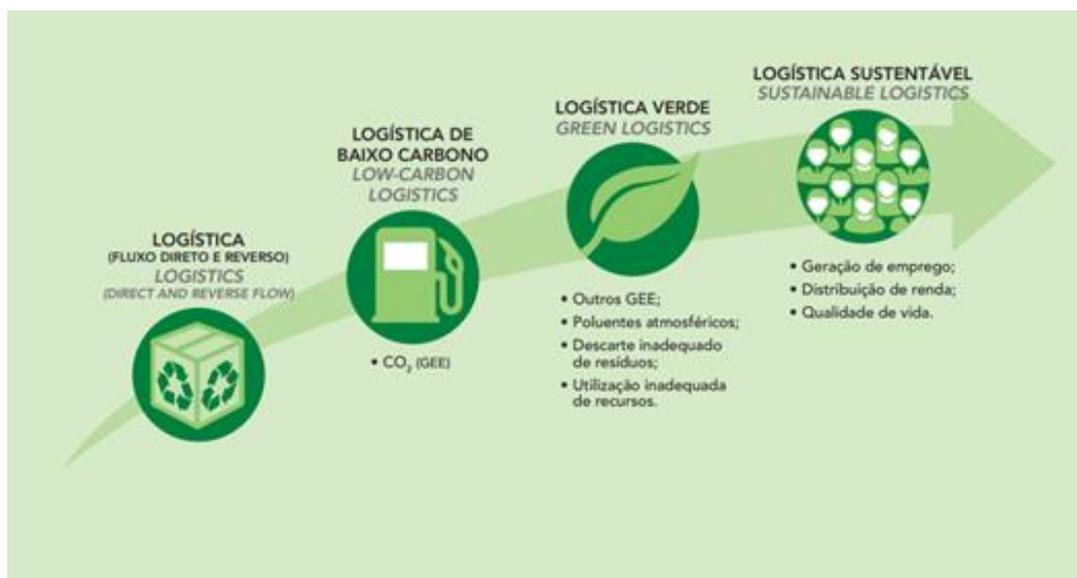
Neste contexto, as empresas perceberam a importância de participar e modificar os estratos sociais, com aplicação de programas de integração e desenvolvimento social. A aplicação na sociedade fortalece a imagem das empresas no desenvolvimento local e regional, emitindo mensagem sobre a sua missão para a inserção da imagem junto a sociedade.

As empresas podem modificar o espaço ao seu redor, utilizando os três aspectos da sustentabilidade: econômico, ambiental e social, com intuito de formar o conjunto de princípios para a logística sustentável, que vão muito além de um compromisso com meio

ambiente. A aplicação da logística sustentável, reside na tentativa de equilibrar as forças dos aspectos, entre a preservação do meio ambiente, qualidade de vida da sociedade, e aumento da eficiência na utilização dos recursos econômicos das empresas, em que:

- Qualificar a população, ofertando cursos de acordo com a demanda de trabalho da empresa;
- Participação da sociedade em algumas decisões das empresas;
- Implantação de projetos que esteja próximo da missão das empresas;
- Implantação de programas de geração de renda como estágios, e menor aprendiz para pessoas carentes;
- Desenvolver polo de integração entre empresa e sociedade com políticas públicas de longo prazo.

A Figura 2.5 demonstra a evolução do conceito de eficiência nos custos de transporte e logístico reversa até os conceitos de logística sustentável. No início a preocupação era a redução de custos através da logística reversa e reaproveitamento de materiais, logo depois, o conceito de logística de baixo carbono e a evolução para logística verde com a redução das emissões de gases poluentes e descarte adequado dos resíduos, e atualmente, a logística sustentável que agrega os conceitos da empresa e os anseios da sociedade na otimização dos recursos materiais e as emissões de gases poluentes.



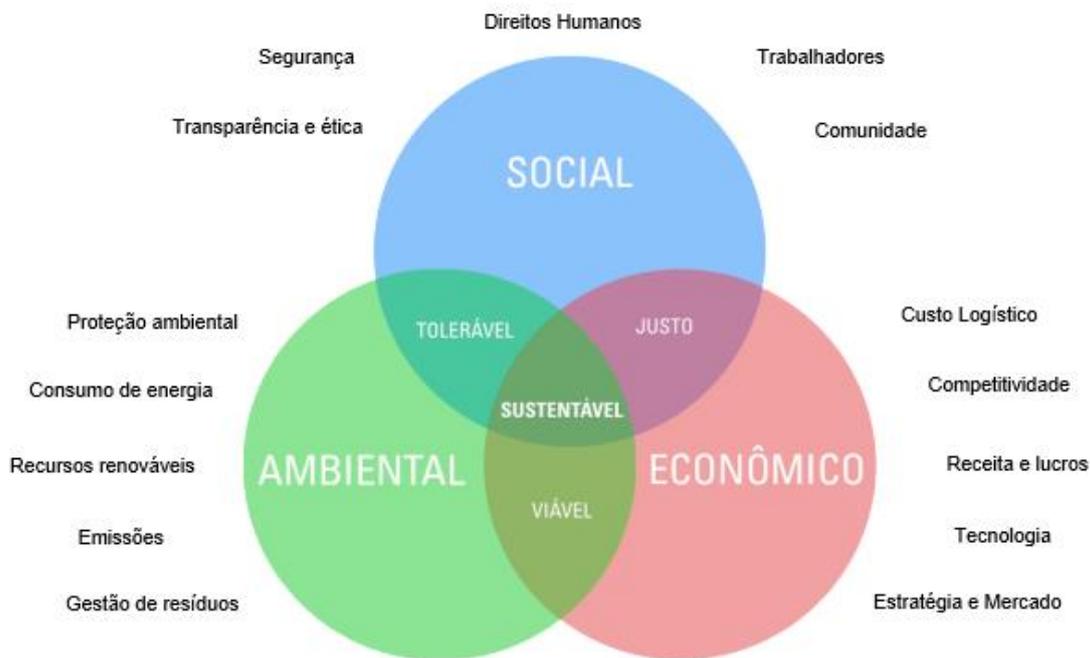
Fonte: Oliveira e D'Agosto (2017)
Figura 2.5: Evoluindo o conceito de logística.

Importante destacar que na Europa houve grande incentivo em mudar o modo de transporte como forma de redução nas emissões. Segundo McKinnon (2010), Oliveira e D'Agosto (2017), as mudanças para modos de transportes com menor impacto ambiental, pode desenvolver impacto positivo no aspecto social. A percepção do aumento de eficiência se destaca nas variações dos níveis de emissões por tonelada-km.

A evolução na utilização dos elementos logísticos é importante para integrar a cadeia de suprimento e as necessidades da sociedade no desenvolvimento ao longo do tempo. Antes das ocorrências e aparecimento dos problemas causados pela poluição, os gestores e a sociedade não tinham necessidades de mudanças em relação a eficiência e o suprimento de mercadorias. Iniciou-se com redução dos custos e melhoria no nível de serviço, evoluindo até o conceito de logística sustentável, respondendo os anseios da sociedade e governo e suas regulamentações. Após a adaptação e aplicação das boas práticas no controle das emissões, a evolução foi no sentido de aprimorar na redução do descarte inadequado de resíduos, e melhorar a utilização dos insumos para evitar desperdícios e poluição do meio ambiente.

O transporte nas grandes cidades requer mudanças constantes, de forma que consiga acompanhar efetivamente, desenvolvimento econômico da moderna vida urbana. Mesmo os modos de transporte, que diretamente não estão conectados nos grandes centros, exige enorme esforço para acompanhar as demandas solicitadas de suprimentos, mercadorias e serviços. Essa perspectiva, passou a exigir novos esforços e modelos de gestão, antes não praticados.

O aspecto social passou a ser uma realidade nas práticas logística, onde a maior desafio era o equilíbrio na utilização dos três aspectos na gestão da cadeia de suprimento. De acordo com McKinnon (2010), o transporte de carga envolve os aspectos econômicos, social e ambiental, que a princípio, pode resultar em conflitos. Contudo, em condições de estabilidade econômica, principalmente nas áreas urbanas, pode beneficiar os aspectos social e ambiental no transporte de carga. Mudanças diretas em sustentabilidade requerem mudanças em inovação nos setores público e privado. A Figura 2.6 destaca a integração dos três aspectos de sustentabilidade e como se relacionam.



Fonte: produção própria adaptada de Elkington (1997).

Figura 2.6: Aspectos de sustentabilidade ou *Triple Bottom line* – TBL.

A aplicação do aspecto econômico nas empresas precisa ser seguida de aplicações transparentes com os trabalhadores e sociedade, os comportamentos social e econômico precisam ser guiados pelas condições ambientais de forma harmônica e equilibrada. Para que os três sejam utilizados, os *stakeholders* devem observar as condições de equilíbrio de forma justa, tolerável e viável. Desta forma, o ambiente empresarial será competitivo, solidário, beneficiando o consumidor e moderado no consumo dos recursos naturais. De acordo com Srivastava (2007), a inserção do aspecto ambiental implica em rupturas na gestão onde podem aparecer oportunidades de negócios e redução de custos. Stonebraker *et al.* (2009) compreende que a ruptura com aplicação das práticas ambientais pode despertar fragilidades na gestão da cadeia de suprimento, logo Ahi e Searcy (2013) entendem que a integração dos aspectos impede o desequilíbrio do *triplo bottom line*, porém neste contexto, a resiliência é necessária ao longo do processo para manter as mudanças necessárias.

2.2.4 Aspectos de sustentabilidade e sua influência no transporte de carga

A concentração de pessoas nos grandes centros urbanos requer o aumento da oferta de serviços e mercadorias para as famílias e comércio. As mudanças da logística eficiente para logística sustentável tem sua importância na crescente demanda, particularmente no

desenvolvimento econômico (BESKE, 2012; AMIN E ZHANG, 2014; ALZAMAN, 2014). O aumento da população em áreas urbanas, reivindica um sistema de transporte sustentável com qualidade de vida e bem-estar-social. Essas proposições requerem mudanças e inovação entre aqueles que operam o transporte, assim como aqueles que se utilizam deles (MCKINNON, 2010).

O aspecto ambiental é pouco representado pelos sistemas de gestão, onde o enfoque está na eliminação dos resíduos de forma correta, produção mais limpa e logística reversa. As políticas de gestão ambiental são necessárias para implementar práticas ambientais, a falta de equilíbrio entre os aspectos econômico e social, a priori, apresenta uma percepção que a mudanças nas práticas ambientais aumentam o custo logístico das empresas.

A *World Commission on Environment and Development* (1987) compreende que práticas ambientais atendem as necessidades da sociedade e não comprometem a geração de ganhos no futuro. No curto prazo, na implantação de quaisquer mudanças, os custos podem ser majorados, contudo, o aumento de produtividade reduz o custo marginal de produção, tornando os preços ainda mais competitivos. Azevedo *et al.* (2010) destaca as necessidades de práticas verdes e enxutas, Vinodh *et al.* (2011) e Fliedner (2008) menciona que a produção em escala e sincronização de sistemas otimizados quanto a sustentabilidade reduzem os custos e o *lead time*, melhora o fluxo de processo e a conformidade, o nível de serviço, a qualidade do meio ambiente, o moral dos funcionários, e o comprometimento dos *stakeholders*. Segundo Vinodh *et al.* (2011), a implantação de práticas verdes influencia no ciclo de sustentabilidade.

A Ford Company que implementou suporte para utilização de plásticos recicláveis, ao invés de papelão para o transporte de veículos, reduziu drasticamente as emissões de CO₂ durante o trajeto, melhorando a eficiência no manuseio de contêineres por trabalhadores, reduzindo o custo médio em 25%. Kaledinova *et al.* (2015) destaca que as empresas ainda não utilizam o aspecto ambiental de forma primordial para realizar negócios ou cadastrar fornecedores.

A integração das empresas junto a sociedade, se faz necessário um conjunto de programas sociais, de forma a apresentar e desenvolver conceitos que direta ou indiretamente incluem funcionários, fornecedores e sociedade em geral. A empresa precisa estimular

capacidades criativas e ambiente saudável de trabalho. O *World Business Council for Sustainable Development* apresenta três pilares que as empresas devem focar: ética (responsabilidade social, transparência, direitos humanos), meio ambiente (eficiência, cadeia de valor verde, gestão de risco) e assuntos gerais (rentabilidade, visão e liderança, parceria). De forma geral, as empresas optam por desenvolver o aspecto social para ampliar suas estratégias e os critérios éticos estabelecidos pela gestão. Na perspectiva do nível estratégico, as empresas observam o longo prazo, os ganhos financeiros com ênfase na confiança dos acionistas e na relação com a sociedade.

A condução de padrões corretos de riscos corporativos e legais proporcionam relações positivas entre as partes interessadas como fornecedores, funcionários, investidores, comunidades e outros. Para Choi e La (2013), as empresas socialmente responsáveis podem melhorar o relacionamento junto a sociedade, fidelizar o cliente, melhorar a reputação da empresa, motivar os funcionários, e construir excelência e vantagem competitiva.

O aspecto econômico tem um papel fundamental no processo de equilíbrio das questões ambientais. A eficiência no transporte de carga, em se tratando de custos e nível de serviço, reduz por consequência, as emissões de gases poluentes e material particulado. O maior enfoque na eficiência do transporte de carga, se tratando de relações econômicas, está na redução do número de viagens na entrega de mercadorias. A proposição está em medir o consumo energético em relação ao momento de transporte (ton-km).

Existe uma relação indissociável, em relação aos aspectos de sustentabilidade, pois os maiores esforços em reduzir os resíduos industriais aconteceram pela razão econômica e não ambiental. Ao longo do tempo, o conceito de gestão sustentável foi ampliando para compras verdes, resultante da recente conscientização ambiental (MIN e GALLE, 2001; BJÖRKLUND, 2011).

As questões econômicas não são apenas os custos dos bens, materiais e serviços adquiridos, salários e benefícios, empréstimos, dividendos e lucros acumulados, também é estruturada por elementos intangíveis, que não são representados de forma direta como elementos de doações, sociedade civil organizada, e impactos econômicos indiretos (MUSETESCU, 2012; CHRISTOFI *et al.*, 2012). As empresas também são analisadas

por balanços sociais que inclui toda esfera de influência da empresa na sociedade, de forma a divulgar as informações financeiras-sociais sobre o relacionamento com a comunidade e sua responsabilidade social. Logo, a utilização dos aspectos de sustentabilidade serão práticas comuns para todas as empresas, principalmente por empresas de transporte que são responsáveis em média por 20% das emissões em todo mundo.

2.2.5 Importância do monitoramento das emissões no transporte de carga

O monitoramento do transporte de carga é importante para avaliar as principais causas da poluição, caracterizadas pelas emissões de gases poluentes e material particulado. A disseminação do conhecimento, ao longo da aplicação do modelo de redução de emissões, ajuda na execução de planejamento estratégico de longo prazo, de forma a reduzir o impacto, seja de caráter econômico, social e ambiental. A hipótese é aplicada para verificar de forma constante o aspecto ambiental e as implicações da poluição da cidade. O monitoramento identifica os principais responsáveis e sua relação com aumento da poluição, provocada pelo transporte de carga, sabendo que, existe forte correlação entre o consumo energético e emissões.

As pesquisas apontam para aumento da eficiência energética, no deslocamento de mercadorias à nível de suprimento até o cliente final, no descarte e reaproveitamento na logística reversa ao nível de distribuição física. Alguns autores se destacam pela contribuição em desenvolver metodologias de pesquisa para monitorar as emissões em transporte. Segundo Böhler-Baedeker e Hüging (2012), existe potencial para se atingir maior eficiência energética em transportes por meio de ações em três níveis distintos: (i) em veículos (eficiência veicular), por melhorias nos veículos e energia utilizada; (ii) nos deslocamentos (eficiência em viagens), por meio de transferência modal para outros mais eficientes energeticamente; e (iii) no sistema de transportes como um todo (eficiência sistêmica), pela diminuição das atividades de transporte e redução na demanda. Logo, algumas ações são propostas na formação de ações de gestão para o monitoramento:

- Capacitar gestores e técnicos para monitorar as emissões;
- Restringir a circulação de veículos pesados ou poluidores em determinados locais, a fim de reduzir a concentração de gases poluentes;

- Acompanhar o monitoramento de forma constante, e avaliar a adequação de veículos e suas necessidades;
- Criar canais de comunicação com todos os envolvidos, e distribuir material informativos de diversas mídias;
- Incentivar a distribuição e coleta noturna;
- Fiscalizar e adequar os estacionamentos em locais estratégicos;
- Determinar um limite para o tamanho da carga de maneira a evitar acidentes e congestionamentos;
- Treinar os motoristas com técnicas de dirigibilidade (*Ecodriving*) para reduzir o consumo energético e as emissões;
- Incentivo ao uso de veículos como fonte de energia mais limpa;
- Renovar a frota para acompanhar a implantação de novas tecnologias.

As emissões de gases são diferenciadas por motorização e pela eficiência distinta na relação do volume de carga transportada. A Tabela 2.3 demonstra as emissões e consumo energético entre os modos aéreo, rodoviário, ferroviário e aquático.

Tabela 2.3: Fatores médios de emissões no consumo de diesel por modo no transporte de carga na Europa

Modo	Tipo	CE (Kj/t.km)	CO ₂ (g/t.km)	NO _x (mg/t.km)	SO ₂	NMHC (mg/t.km)	MP (mg/t.km)
Aeroviário		9,876	656	3,253	864	389	46
	Euro 1	1,086	72	683		75	21
	Euro 2	1,044	69	755		55	10
Rodoviário >34-40 ton	Euro 3	1,082	72	553	90	54	12
	Euro 4	1,05	70	353		59	2
	Euro 5	996	66	205		58	2
Ferrovário	Diesel	530	35	549	44	62	17
	Elétrico	456	18	32	64	4	4,6
Aquático	Parte de cima	727	49	839	82	84	26
	Parte de baixo	438	29	506	49	51	16

Legenda: CE = consumo de energia, CO₂ = dióxido de carbono, NO_x = número de oxidação, SO₂ = Dióxido de enxofre, NMHC = hidrocarboneto não metano, MP = material particulado.

Fonte: McKinnon (2010).

Neste caso, deve-se comparar os dados em relação aos outros modos de transporte e verificar qual é o mais adequado para cada tipo de transporte. A seguir, algumas hipóteses para comparar e verificar o desempenho ambiental:

- Verificar os melhores veículos para cada tipo entrega e suas externalidades;
- Utilizar o momento de transporte (tonelada-quilometro) para aferir de forma mais adequada a eficiência em relação a quantidade transportada e número de viagens;
- Extrapolar os dados de outros países e realizar uma comparação e adequação em relação as emissões;
- Verificar as emissões de forma adequada, quando a carga for compartilhada com passageiros no mesmo veículo;
- Abater as emissões em relação as construções e infraestrutura;
- Enfoque na fonte das emissões, e não no ciclo *well-to-wheel*.

A aplicação do S.M.A.R.T (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Timely*) é um modelo utilizado para o estabelecimento de objetivos, sua ação pode ser abstrata ou concreta, direta ou indireta, quantificável ou qualificável (GILLIS *et al.*, 2015). Cada letra compõem os seguintes dizeres: i) Específicos: avaliando exatamente os aspectos de mobilidade relevantes para a mobilidade sustentável (abrangendo toda a gama de mobilidade sustentável, incluindo todos os tipos relevantes de mobilidade, usuários, modos de transporte, impactos no deslocamento, etc.); ii) Mensurável: precisão suficiente, com base em dados atingíveis, ou seja, em dados existentes ou facilmente catalogáveis (a fim de criar uma metodologia aplicável as cidades de tamanho variável, região ou desenvolvimento); iii) Alcançável: ter a capacidade (sensibilidade) de detectar mudanças relevantes em projetos de sustentabilidade em progresso ou específico, positivos ou negativos, de uma forma a permitir, uma atualização frequente para monitorar a evolução; iv) Relevante: tecnologia neutra, não excluindo ou monopolizando os tipos específicos de solução; v) No tempo: na forma tempo-espaço, a avaliação do indicador deve ser independente do tamanho da cidade. Portanto, a maioria dos indicadores estão relacionados (população, área geográfica, distância, etc.). Na metodologia aplicada por Gillis *et al.* (2015) foram selecionados os seguintes indicadores destacados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Indicadores de transporte urbano sustentável

Indicadores de transporte urbano sustentável para o SMART	Nome	Dimensão
Gases de efeito estufa	GEE	Ambiente global
Eficiência energética	Eficiência Energética	Ambiente global
Rede de finanças públicas	Finanças públicas	Sucesso econômico
Atrasos e congestionamento	Congestionamento	Sucesso econômico
Oportunidade econômica	Oportunidade Econômica	Sucesso econômico
Tempo de viagem	Tempo de viagem	Sucesso econômico
Uso do espaço	Espaço usado	Qualidade de vida
Qualidade da área pública	Área pública	Qualidade de vida
Segurança no tráfego	Segurança	Qualidade de vida
Impedimento de ruído	Impedimento de ruído	Qualidade de vida
Emissões de poluentes	Poluição do ar	Qualidade de vida
Conforto e prazer	Conforto de prazer	Qualidade de vida
Segurança	Segurança	Sistema de mobilidade
Conectividade intermodal	Conectividade intermodal	Sistema de mobilidade
Integração intermodal	Conectividade intermodal	Sistema de mobilidade
Resiliência em desastres ecológico/disruptiva social	Resiliência	Sistema de mobilidade
Taxa de ocupação	Taxa de ocupação	Sistema de mobilidade

Nota: foram selecionados somente os indicadores relacionado ao transporte de carga.

Fonte: produção própria adaptada de Gillis *et al.* (2015).

3 PROPOSTA DE SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TCS

A sustentabilidade se tornou parte importante da estratégia e do ambiente competitivo das empresas (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002; MALONI e BROWN, 2006), ainda assim, muitas não consideram a sustentabilidade como parte fundamental na tomada de decisão na venda dos produtos. De acordo com Meulen e Kindt (2010), 100% das empresas tem como prioridade o preço de mercado, 93% a confiabilidade, e sustentabilidade com apenas 24%.

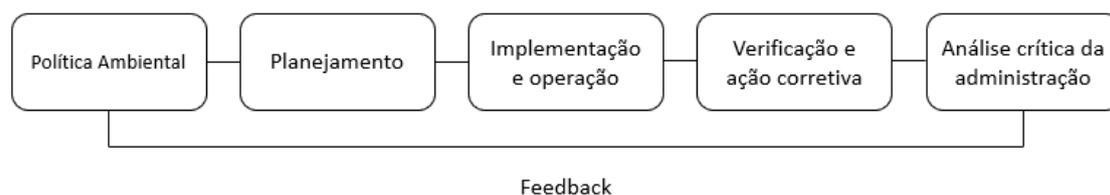
O primeiro caminho para mudar o comportamento dos envolvidos é a realização de um *benchmark* em relação a outras empresas de sucesso, na aplicação dos aspectos de sustentabilidade. De acordo com Kaledinova *et al.* (2015), a experiência poderia melhorar o desempenho das atividades desenvolvidas na empresa e ganharia inspiração para novas alternativas no uso da energia e aumento da eficiência na distribuição física do produto.

A aplicação dos aspectos de sustentabilidade em vários países é desenvolvida por autoavaliação ou por imposição dos governos. As empresas têm resistência na mudança do processo de trabalho e na funcionalidade da cadeia de suprimento. Para Shin e Thai (2016), a aplicação dos aspectos de sustentabilidade devem obedecer a três critérios: i) atividades de manejo sustentável, ii) satisfação do cliente, e iii) orientações de longo prazo. Esses princípios auxiliam na aplicação e na aceitação dos aspectos de sustentabilidade em conexão empresa-cliente-sociedade.

De acordo com Walker (2016), a melhor prática na aceitação é a autoavaliação dos critérios ambientais, pois no longo prazo, um canal de comunicação eficiente, todos os envolvidos observarão os aspectos de sustentabilidade como critérios de escolha dos produtos. Segundo Kaledinova *et al.* (2015), o melhor caminho para a unificação e disseminação do conhecimento é através de associação empresarial. Neste caso, todos participarão da transformação necessária para atender os objetivos na satisfação dos interessados direta ou indiretamente na cadeia de suprimento.

A transformação exige esforço em desenvolver protocolos de teste, revisão estratégias e verificação do desempenho em práticas gerenciais e operacionais, redes, veículos, tecnologias e equipamentos com potencial de reduzir os gases de efeito estufa no transporte de carga. A Figura 3.1 demonstra a aplicação do sistema de gestão ambiental

– SGA, onde a sequência deve ser realimentada de forma constante como aprendizado e aprimoramento.



Fonte ISO (2004)

Figura 3.1: Sequência aprendizado no sistema de gestão ambiental.

3.1 Revisão da Literatura

Para o desenvolvimento de um sistema de avaliação para o TCS foram realizados três revisões da literatura: i) revisão bibliográfica sistemática - RBS para mapear o conhecimento, e o estado da arte do assunto pretendido (ROWLEY e SLACK, 2004), ii) revisão narrativa, e por último documental. A RBS foi realizada para as seguintes palavras-chave: “((*Business Process Management and Certification and Green Logistics and Transport*), (*Certification and Green Logistics Certification and Green Transport Certification*) e (*Fuzzy and Certification and Sustainability*))”. Houve a combinação dos termos energia, combustível e eficiência. A busca foi realizada entre novembro de 2018 e fevereiro de 2021 para os últimos 5 anos.

A base utilizada foi a *ISI Web of Science* e *Scopus* com trabalhos publicados na língua inglesa e portuguesa. Nesta etapa, foram identificados 280 artigos. Após o enquadramento no tema da pesquisa foram selecionados 147. Na leitura do resumo foram selecionados 16 artigos que tratam de certificação em transporte. Na revisão narrativa foram selecionados 348 trabalhos entre textos, artigos, livros. Na pesquisa documental foram 65 entre relatórios e trabalhos técnicos. De acordo com Rother (2007), a diferenciação entre a RBS e pesquisa narrativa está no conteúdo necessário para compor a pesquisa e a metodologia de alcance do tema. A RBS é planejada para responder uma pergunta específica, em que utiliza métodos explícitos para identificar os critérios da pesquisa. A pesquisa narrativa está relacionada ao estado da arte, sob o ponto de vista teórico e contextual, sem informar as fontes de informação e os critérios de seleção.

Uma RBS detalhada por Clarke (2000) recomenda uma revisão em sete passos: i) formulação do problema, ii) localização dos estudos, iii) avaliação crítica dos estudos, iv)

coleta de dados, v) análise e apresentação dos dados, vi) interpretação dos dados, e vii) aprimoramento e atualização da revisão. A Tabela 3.1 apresenta o resumo da das pesquisas (revisões).

Tabela 3.1: Síntese da revisão bibliográfica sistemática

Etapa	Trabalhos identificados	Trabalhos enquadrados	Trabalhos selecionados
1º RBS - Business Process Management and Certification and Green Logistics and Transport	152	83	3
2º RBS - Certification and Green Logistics Certification and Green Transport Certification	93	46	11
3º RBS - <i>Fuzzy</i> and Certification and Sustainability	35	18	2
Revisão Documental	65	65	65
Revisão Narrativa	348	35	35
Total	693	247	116

Fonte: Produção própria.

No desenvolvimento da revisão da literatura foi preferível suprimir os passos em três etapas: 1º - seleção dos artigos, de acordo com o enquadramento da palavra-chave e o problema definido, nas bibliotecas mencionadas; 2º - para coleta e interpretação dos dados foram realizadas a leitura dos resumos, introdução e conclusão. A proposta era identificar os artigos pertinentes ao tema da pesquisa; 3º - para a interpretação e aprimoramento foi realizada a leitura completa dos artigos, de maneira a identificar pesquisas anteriores sobre o tema. Durante o processo de análise, os dados foram registrados e organizados por importância dos assuntos, esse procedimento aumentou a confiabilidade das informações para pesquisas futuras.

Na síntese está incluso artigos com transporte de passageiros, carga ou ambos, que se adequam na contextualização da pesquisa. Entre os artigos com enfoque em certificação, apenas três tratam somente da certificação do transporte de carga. Houve uma preocupação na separação em qual aspecto de sustentabilidade mais afeta as mudanças relacionados ao país da pesquisa, de modo a verificar as necessidades intrínsecas de cada lugar. A Tabela 3.2 apresenta os trabalhos selecionados na revisão da literatura.

Tabela 3.2: Síntese dos trabalhos selecionados na RBS

Autor	País	Modo de Transporte	Passageiro ou Carga	Metodologia	Técnicas adotadas para cálculo	Certificação	Aspectos de sustentabilidade	Enfoque (energia ou sustentabilidade)
Filippo <i>et al.</i> (2007)	Brasil	Rodoviário	Ambos	AHP-Fuzzy	Fuzzy	N/A	Ambiental, econômico e social	N/A
González <i>et al.</i> (2008)	Espanha	Cadeia de suprimento	Ambos	Life Cycle Assessment - LCA	Regressões logísticas e testes não paramétricos.	ISO 14000 / EMS	Ambiental e econômico	Sustentabilidade
Ruzevicius (2009)	Lituânia	Cadeia de suprimento	Ambos	Ecological footprint (EF)	Benchmarking	ISO 14001 / EMAS	Ambiental	Sustentabilidade
Zhu <i>et al.</i> (2012)	China	Cadeia de suprimento	Ambos	Diffusion of Innovation Theory (DoI Theory)	Bass Model	ISO14001 / World Environment Center (WEC) / Certification Center of the Ministry of Environmental Protection (CCMEP 2010)	Ambiental e econômico	Sustentabilidade
Anderson <i>et al.</i> (2013)	EUA	Rodoviário	Passageiro	Pesquisa de opinião	Likert5	The Green Coach Certification - GCC, Pilot Eco-label program	Ambiental	Sustentabilidade
Anderson <i>et al.</i> (2013.b)	EUA	Rodoviário	Passageiro	Pesquisa de opinião	Likert5	The Green Coach Certification - GCC, pilot eco-label program	Ambiental	Sustentabilidade
Govindan <i>et al.</i> (2014)	Portugal	Todos	Ambos	Impactos entre logística enxuta, resiliência e verde	Likert5	ISO 14001	Ambiental, econômico e social	Sustentabilidade
Bajec (2014)	Eslovênia	Cadeia de suprimento	Todos	Test the Hypotheses	R2 e Correlação de Pearson	ISO 14001 e ISO 9000 / GS1 / ISO 22000 / EMAS / BS OHSAS / EFOM / IEC 27001 / Qweb.	Ambiental	Sustentabilidade
Kaledinova <i>et al.</i> (2015)	Europa	Todos	Carga	Pesquisa de opinião	Likert5	Lean and Green / Green Freight Europe - GFE	Ambiental	Energia e sustentabilidade
Tseng <i>et al.</i> (2015)	Taiwan	Cadeia de suprimento	Ambos	Closed-loop - analytic network process (ANP)	Fuzzy Delphi	ISO 9001 e 14001	Ambiental	Energia e sustentabilidade

Autor	País	Modo de Transporte	Passageiro ou Carga	Metodologia	Técnicas adotadas para cálculo	Certificação	Aspectos de sustentabilidade	Enfoque (energia ou sustentabilidade)
Walker (2016)	EUA	Aquático	Carga	Green Marine (GM) / GHG IPCC	Likert5	Green Marine Environmental Program (GMEP)	Ambiental	Sustentabilidade
Green (2016)	Mundo	Aeroviário	Ambos	Specific Air Range (SAR) and Reference Geometric Factor (RGF)	CAEP CO2 METRIC	Council's Committee on Aviation Environmental Protection CAEP/9-agreed	Ambiental e Social	Sustentabilidade
Shin e Thai (2016)	Coreia	Aquático	Carga	Structural Equation Modelling (SEM) / CFA (confirmatory factor analysis)	Likert7	ISO 9000 / 14001	Ambiental, econômico e social	Sustentabilidade
Tsai (2017)	Taiwan	Ferrovário	Passageiro	Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC	Business as usual	Carbon Price Floor - CFP	Ambiental	Sustentabilidade
Crosson (2017)	EUA	Rodoviário e Ferrovário	Passageiro	LEED ND / Ecodistrict / Envision / Living community challenge / Sustainable sites	Pesquisa de campo	LEED ND	Ambiental	Energia e sustentabilidade
Islam <i>et al.</i> (2018)	Bangladesh	Cadeia de suprimento	Ambos	Fuzzy importance and performance analysis (FIPA) / importance and performance analysis (IPA)	Fuzzy	ISO 14001	Ambiental e econômico	Sustentabilidade

Legenda: N/A – não se aplica
Fonte: produção própria.

3.2 Escolha dos métodos de avaliação do TCS

A revisão da literatura destacou problemas na escolha dos especialistas e as influências na tomada de decisão (PETROVA, 2017). O conhecimento dos participantes é um problema para o processo metodológico (ISLAM *et al.*, 2018; MA *et al.*, 2019; GOYAL e ROUTHY, 2018; PETROVA, 2017). Contudo, o sistema de especialistas que utilizam de princípios da lógica *fuzzy* tem vantagem sobre os que utilizam um sistema fechado, pois abandonam o conceito de verdade absoluta para uma verdade parcial (ZADEH, 1965), mais adequada para ambientes com múltiplas verdades, decisões e resultados.

A utilização da lógica *fuzzy* para a construção de um processo metodológico em SR tem a finalidade de reduzir a diversidade no julgamento dos especialistas (MA *et al.*, 2019; PETROVA, 2017), as indecisões (ISLAM *et al.*, 2018), depurar as medidas qualitativas para lidar com linguagem preferencial em uma estrutura hierárquica (TSENG *et al.*, 2015), e predominar a avaliação independente da qualificação (PETROVA, 2017), neste caso, a troca de informação contínua entre o ambiente interno e externo é importante para o aperfeiçoamento do modelo de avaliação. Chappin *et al.* (2015) apresenta a internalização das práticas de certificação e dos padrões no mercado, pois percebe-se que algumas instituições sofrem influências da indústria, não sabendo o grau de comprometimento, uma vez que as decisões enfrentam forças exógenas das próprias concorrentes (KOSTOVA e ROTH, 2002; KRAATZ e BLOCK, 2008). O método tem a função de reduzir a diferenciação das respostas e ajustar a intensidade das decisões que foram mais adequadas para os setores de transporte da empresa.

O processo de reconhecimento e creditação das empresas necessita de uma metodologia com múltiplas abordagens de avaliação, pois a complexidade das operações, a partir da questão ambiental, evoluiu para as áreas econômico e social. Percebe-se que, desde a década de 70, houve grande dificuldade no avanço de pesquisas de caráter ambiental, sem mencionar as relações econômicas. Contudo, as variáveis de estudo apresentavam campos de pesquisa que não estavam relacionadas. Chen (2018); Fahimnia e Jabbarzadeh (2016); Ren (2015) apresentam modelos de otimização multiobjetivos com características de pontuação dinâmica que relacionam o *trade-off* entre sustentabilidade, questões políticas, desenho da cadeia de suprimentos, tecnologia.

O avanço dos critérios de uma logística que causasse menos danos ao meio ambiente, partiu da mera análise das emissões de CO₂ para incorporação dos impactos econômico e social. Essa mudança requereu novos comportamentos e uma interface mais próxima da sociedade. Fahimnia e Jabbarzadeh (2016) destaca que é necessária uma abordagem mais ampla para analisar as relações de resiliência no desenho da cadeia de suprimento, deste modo, possivelmente a logística sustentável avançará em pesquisas com aspectos tecnológicos, políticos e geográficos.

Parte do processo de reconhecimento exige a presença de auditores externos para verificar as informações correlacionadas, principalmente, na conferência de documentos e dimensionamento correta dos procedimentos necessários a certificação de TCS. A avaliação matricial demonstrou ser suficiente para uma análise visual com cruzamento de informações, pois a simplicidade e eficiência nos resultados favorece o acompanhamento dos *stakeholders*. Teng e Jaramillo (2005), Rao (2006) e Yang *et al.* (2009) destacam que o método é adequado para análise de questões ambientais, em que oferece uma análise realista das ocorrências.

A matriz de avaliação tem a finalidade de avaliar os atributos responsáveis pelas ações da empresa na neutralização do carbono em transporte de carga. A avaliação deve ser genérica, pois está direcionada as atividades de gestão na manutenção das ações executadas para as empresas com forte presença das atividades de transporte, independente do setor econômico. O SR deve ser analisado de forma periódica, neste caso, a matriz de avaliação permite a comparação das atividades em *business as usual*, de maneira prática e verdadeira.

O trabalho deve ser desenvolvido em análises dimensionais com presença de forças do ambiente interno e externo, apresentando características e procedimentos específicos no diagnóstico. O SR deve ser planejado, a fim de evitar interferências externas na avaliação e equilibrar o peso das decisões dos auditores.

3.3 Proposta de sistema de monitoramento das emissões

O crescimento do volume de carga associado ao crescimento econômico, aumentou as emissões de poluentes nos grandes centros. Algumas propostas para mitigar as emissões são conflitantes com o aspecto econômico. Contudo, como proposta para o

monitoramento das emissões no longo prazo, utiliza-se o MRV (*Measurement, Reporting e Verifying*), que é alternativa para o sistema de transporte, seja de passageiros ou de carga.

A forma de análise do MRV ocorre ao longo de tempo, uma vez que registra as emissões nas atividades de transporte *ex-ante*, em que posteriormente, realizar uma análise *ex-post* dos dados, esse método de análise é denominado de *Business-as-usual* – BAU. O efeito importante na aplicação do MRV são os limites para a análise de dados e o escopo proposto. Segundo Füssler *et al.* (2016), os limites principais para elaborar a análise de MRV são descritos em três dimensões: 1^a - Limite territorial: a obtenção dos dados ocorre de forma geográfica, observando onde os combustíveis são consumidos, se ocorreram na mesma área que foram comprados. A causa principal é a diferenciação de preços nos postos de abastecimento. 2^a - Limites setoriais: os dados são extraídos e limitados a proporção de utilização, exemplo seria o mercado de petróleo que fornece energia para várias indústrias, e não somente ao transporte. O conhecimento da parcela correta, permite o planejamento mais adequado para limitar as emissões e avaliar as ações de mitigação. 3^a - limite temporal: apresenta as questões para os anos e como os efeitos são avaliados.

Os inventários apresentam dados para anos específicos, e os efeitos das emissões ao longo do tempo podem ser dispersos. Dependendo do período de análise, deve-se analisar resultados de períodos distintos, de maneira a comparar as ações de curto prazo com os efeitos de longo prazo. O levantamento de dados deve responder as questões que são apresentadas na Tabela 3.3.

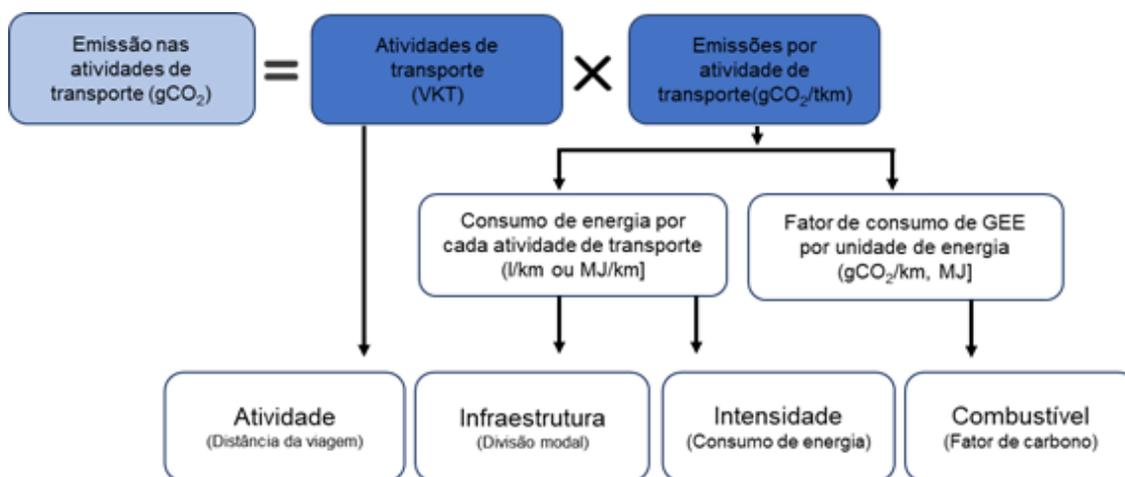
Tabela 3.3: Forma de coletar dados na aplicação do MRV

Princípios	Descrição	Exemplo
Abrangência	- Os dados estão completos e disponível para todos os indicadores relevantes.	- Séries cronológicas completas sem lacunas - Dados para todos os tipos de veículos relevantes.
Relevância	- Os dados correspondem aos requisitos do sistema de monitoramento e dos indicadores.	- A distribuição da atividade ao longo do ano pode ser relevante para fins de planejamento de transporte, mas não para cálculos de emissões de GEE.
Consistência	- Metodologias e padrões são aplicados da mesma maneira no Sistema MRV. - Dados de várias fontes são consistentes e comparáveis.	- Os mesmos fatores de emissão que são usados nos inventários nacionais. - Os limites de diferentes conjuntos de dados correspondem ou são ajustados por meio de fatores de correção. - Dados de provedores de serviços públicos correspondem aos resultados dos dados da pesquisa.
Transparência	Suposições são explicadas, as escolhas são substanciadas se não forem aplicadas restrições de confidencialidade.	- Meta dados sobre a atividade do veículo estão disponíveis (quem adquiriu dados quando e com que frequência). - Suposições sobre os fatores de emissão assumidos são substanciadas (Neste caso o IPCC).
Acurácia	Agregação, precisão e incerteza dos dados correspondem aos requisitos do sistema MRV.	- Obter dados ao nível de desagregação. - Incertezas devem ser sempre estimadas (se possível quantitativamente).
Acessibilidade	Os dados necessários são acessíveis por todas as partes interessadas envolvidas.	- Através de plataformas de dados compartilhadas, publicação de estatísticas, acordos sobre projetos.
Eficácia nos custos	- Despesas (econômicas, recursos humanos, tempo) para aquisição de dados devem corresponder à sua relevância.	- A priorização de dados relevantes pode reduzir os custos da coleta. - Às vezes, os dados podem ser reunidos com dados que já estão sendo coletados.
Frequência	Alguns dados requerem processo contínuo, enquanto outros podem ser adquiridos apenas uma vez.	- Coleta regular de dados é pré-requisito para estimativas de tendência. - Fatores de emissão de combustíveis tendem variar pouco e não precisam ser medidos continuamente.

Fonte: Elaboração própria a partir de Füssler (2016).

A obtenção dos dados para o monitoramento em transportes pode ter alto custo e ser demorada, isso depende do grau de consistência e a publicidade de quem está gerindo. Por isso, pesquisa de alto nível depende da qualidade dos dados, de forma que a apuração errada, compromete os resultados da pesquisa. A coleta ideal dos dados, no formato *bottom-up*, (de baixo para cima) aumenta o custo de pesquisa, contudo apresenta uma qualidade mais significativa (relatórios do IDB, CAI-Asia, UNECE e World Bank), ao contrário e menor custo, o *top-down* (de cima para baixo), procedimento que utiliza dados agregados, em que admite uma certa discrepância probabilística.

A seleção dos indicadores é um procedimento que ocorre inicialmente pela revisão da literatura, segundo o Füssler (2016), o MRV classifica os indicadores pelo ponto de vista da atividade, infraestrutura, intensidade e combustível - ASIF (*Activity, Structure, Intensity e Fuel*), os dados são monitorados para verificar as principais diferenças com o método BAU, que consiste na observação da funcionalidade tradicional por um período tempo. Logo, após o mapeamento dos dados, aplica-se o novo procedimento, comparando por períodos e suas relações, *ex-ante* e *ex-post*. (YAMABE *et al.*, 2014 e OLIVEIRA e D'AGOSTO, 2017). A Figura 3.2 demonstra a estrutura do ASIF.



Fonte: produção própria

Figura 3.2: A estrutura da ASIF para calcular as emissões de GEE do setor de transportes.

As emissões de dióxido de carbono são o produto dos quatro componentes da ASIF, percebe-se que o enfoque das emissões está direcionado na eficiência da utilização dos veículos, distância da viagem, divisão modal, consumo de energia e fator de emissão de carbono por combustível.

O *Green Marine - GM indicator* é considerada uma proposta de identidade visual que demonstra a evolução e as fases do enquadramento das empresas. A Figura 3.3 está na escala de desempenho dos indicadores e classificação. O nível 1 significa o mínimo aceitável (*Baseline*) para obtenção do *Green Marine Environmental Program – GMEP*, e o nível 5 indica liderança na aplicação das boas práticas. Esse método incentiva as empresas buscarem excelência na aplicação dos aspectos de sustentabilidade a evoluírem para o nível máximo. Como são classificados por números e cores, a comunicação entre os envolvidos se torna fácil no reconhecimento do nível da empresa (WALKER, 2016).



Fonte: Walker (2012)

Figura 3.3: Escala de evolução do monitoramento.

3.4 Considerações das principais certificações na cadeia de suprimento

A cadeia de suprimento está dividida em fases como transporte, manuseio, movimentação e processamento de pedido, desta forma, pode-se correlacionar a atividade de transporte na cadeia de suprimento, as necessidades de redução das emissões e custos de operação. A Tabela 3.4 apresenta a evolução da distribuição dos custos nas empresas, o transporte em média contribui com 64% de todo o custo logístico, seguido da armazenagem, estoque e processamento do pedido. Sabendo que nos Estados Unidos, o custo de transporte representa 44% do custo logístico.

Essa diferença está no custo direto de operação de maior impacto em cada fase da cadeia de suprimento. No Brasil, o combustível tem o maior peso nos custos, enquanto nos Estados Unidos, o maior peso está na mão de obra.

Tabela 3.4: Evolução dos custos Logísticos nas empresas (média)

Distribuição dos custos	CEL/COPPEAD (2004) EUA	CEL/COPPEAD (2004) BR	FDC (2017) BR
Custo com armazenagem	26%	19%	17,7%
Custo com estoque	30%	17%	17,6%
Custo com transporte	44%	64%	63,4%
Custo com Processamento de Pedido	< 1%	< 1%	1,3%

Legenda: BR = Brasil, EUA = Estados Unidos da América.

Fonte: CEL/COPPEAD (2006) e FDC (2017).

A logística visa coordenar a produção com objetivo de atender a demanda a um custo mínimo, desta forma, o sistema externaliza os custos ambientais, isto é, não considera como custo do sistema os impactos provocados no ambiente (SANTOS *et al.*, 2015). O peso do transporte em relação aos custos logísticos e o peso nas emissões totais, justifica uma análise mais crítica do assunto para otimizar o processo na utilização da cadeia de suprimento e o aumento da eficiência do transporte nos níveis de suprimento e distribuição física.

A ISO 14001 foi a primeira certificação direcionada ao gerenciamento, onde o enfoque era o aumento de eficiência relacionada a capacidade de integrar todos os níveis da estrutura empresarial (estratégico, tático e operacional), assim como, discutir como as pessoas se relacionam para o alcance dos objetivos.

As certificações dedicadas ao transporte são mais escassas e geralmente são aplicadas de forma local ou regional. O incentivo ao desenvolvimento de uma certificação em transporte, demanda muito esforço e convencimento de muitas pessoas envolvidas. Existem vários tipos de transporte, entre os cinco modos distintos, mesmo entre os tipos, pode-se classificar entre carga e passageiro. Logo, a maior dificuldade no desenvolvimento do SR está no acúmulo de informação, conhecimento, característica e discursão para cada tipo e modo de transporte.

As principais certificações de sustentabilidade em transporte são destacadas na Tabela 3.5, contudo, cinco certificadoras são destaques no cenário global: a *Green Freight Europe* – GFE, *Green Freight Asia* – GFA, pertencentes a *European Shippers' Council* - ESC e *Asian Shippers' Alliance* – ASA, respectivamente. Juntas com a *American Association of Exporters and Importers* – AAIE são membras do *Global Shippers' Alliance* – GSA, aliança internacional representante dos interesses logísticos de fabricantes, varejistas e atacadistas. O *Green Marine Environmental Program* – GMEP, específica para carga marítima, e o programa *Smartway*, pertencente do *Environmental Protection Agency* – EPA, entidade do governo americano.

Tabela 3.5: Principais certificações em transporte de baixo carbono no mundo

Rótulos	Transporte ou cadeia de suprimento	Certificação ou Sistemas	Passageiro ou Carga	País
Carbon Price Floor - CFP	Cadeia de suprimento	Sistema	n/a	Reino Unido
Certification Center of the Ministry of Environmental Protection - CEC	Transporte	Certificação	n/a	China
Council's Committee on Aviation Environmental Protection - CAEP	Transporte	Certificação	Ambas	Estados Unidos
Eco-label Program	Cadeia de suprimento	Certificação	n/a	EUA, União Europeia
Eco-Management and Audit Scheme - EMAS	Cadeia de suprimento	Certificação	n/a	União Europeia
Environmental Management System – EMS - Smartway	Transporte	Sistema	Carga	Estados Unidos
Giro Limpio	Transporte	Certificação	Carga	Chile
Green Freight Asia - GFA Label	Transporte	Certificação	Carga	Ásia
Green Freight Europe - GFE Label	Transporte	Certificação	Carga	Europa
Green Marine Environmental Program - GMPE	Transporte	Certificação	Carga	América do Norte
ISO 14000 / 14001 / 14064	Cadeia de suprimento	Certificação	n/a	Mundo
LEED ND*	Transporte	Certificação	Passageiro	EUA
Programa Transporte Limpio	Transporte	Programa	Carga	México
The Green Coach Certification - GCC	Transporte	Certificação	Passageiro	EUA
World Environment Center - WEC	Cadeia de suprimento	Certificação	n/a	Estados Unidos

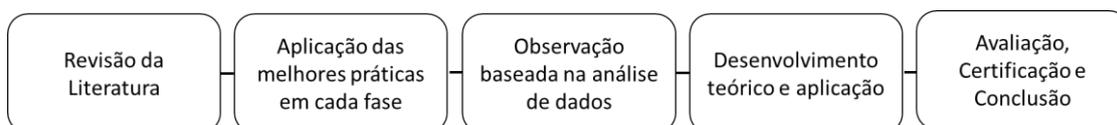
Nota*: O transporte é parte de um processo de certificação de desenvolvimento de bairros. n/a = não se aplica.

Fonte: Produção própria

4 METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSTENTÁVEL

4.1 Processo de avaliação do TCS

O processo metodológico inicia com a lógica de construção da pesquisa, portando deve seguir as seguintes fases descritas na Figura 4.1: i) na revisão da literatura, dedica-se na realização da RBS, revisão narrativa, assim como a catalogação de relatórios e livros; ii) as melhores práticas devem avaliar os métodos descritivos e qualitativos para a melhor compreensão, assim como a classificação dos atributos e indicadores nos aspectos de sustentabilidade, nesta fase, deve definir os pesos em relação aos aspectos, classificação dos atributos e métodos de escolha dos indicadores; iii) a observação deve estar alinhada com os anseios da literatura, assim como a possível facilidade na aplicação dos dados; iv) desenvolvimento do relatório e da aplicação e v) avaliar se o resultado é coerente com a realidade, verificar se o processo de certificação, de fato, é um processo de desenvolvimento e melhoria dos aspectos de sustentabilidade, e por último a conclusão.



Fonte: produção própria

Figura 4.1: Fases de avaliação do sistema de reconhecimento.

Revisão da Literatura

A revisão é dedicada a selecionar os melhores indicadores para cada aspecto de sustentabilidade. Verificar se a avaliação proposta está direcionada ao desenvolvimento de políticas de desempenho das empresas em conexão com as necessidades da sociedade. Deve-se observar o enquadramento dos aspectos econômicos, social e ambiental (*triple bottom line*), ainda que de forma incipiente. Segundo Becheikh *et al.* (2006) e Rother (2007), nesta fase o processo de pesquisa deve ser amplo e genérico, direcionado ao conteúdo mais adequado para a transformação e resultado da pesquisa.

Aplicação das melhores práticas em cada fase

Nesta fase, deve-se definir os pesos necessários para cada aspectos de sustentabilidade, sabendo que existe um trade-off entre os aspectos econômico, social e ambiental, diante disso, o processo deve ser avaliado via formulário específico direcionado ao grupo de

especialistas (gestores e acadêmicos). Segundo Hahn *et al.* (2010), o *trade-off* é uma contribuição limitada da organização em promover os aspectos de sustentabilidade, pois existem conflitos na sustentabilidade que são regras e não exceção. Logo, orienta-se a participação de todos os envolvidos (*stakeholders*) no processo de conhecimento para se alinharem as regulamentações e recomendações do governo e da sociedade sem promoverem distorções relativas à realidade. Segundo Lew (2016), deve-se aplicar as práticas de sustentabilidade que pressupõem girar em torno dos padrões atuais, percebida a praticidade e benefícios econômicos.

Em relação aos atributos, deve-se aplicar um método de classificação para evitar as sobreposições dos indicadores em dois ou mais atributos. Esse processo de seleção sofre efeitos difusos na classificação dos indicadores, pois depende da percepção da realidade e da experiência de cada avaliador. O método deve eliminar ou mitigar quaisquer estados indeterminados na tomada de decisão de variáveis não quantificáveis.

Observação baseada na análise de dados

O resultado dos atributos adequados e dos melhores indicadores serão o ponto central para a tomada de decisão na construção do formulário de avaliação para o SR. Essa escolha deve estar em consonância com as técnicas de monitoramento, assim como o processo de avaliação dos auditores.

Desenvolvimento teórico e aplicação

O relatório de pesquisa será realizado de acordo com o conceito do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*), assim como foi elaborado a norma ISO 14001, de forma a padronizar as ações de gestão nas organizações.

A aplicação do SR consistirá em cinco etapas. 1) Compromisso com a política ambiental e equilíbrio na relação econômicas e social. 2) Planejamento na aplicação dos indicadores e atributos necessários para alcançar os objetivos organizacionais, frente aos desafios de crescimento e desenvolvimento. 3) Na implementação, as organizações utilizam o plano de ações de acordo com os recursos necessários (humanos, financeiros, maquinário etc.), sendo a disseminação do conhecimento para todos os funcionários como fator importante de sucesso na implantação e manutenção. 4) As organizações precisam obter um plano de monitoramento eficiente para acompanhar as mudanças dos indicadores e as

necessidades de mudança. 5) O plano deve ser constantemente revisado pela alta administração, assim como, pela gerência para verificar se a aplicação e os efeitos estão em consonância com toda organização, criando um ciclo de melhoria contínua.

Avaliação, Certificação e Conclusão

O processo de avaliação para obter as certificações devem ser transparentes e obter regras bem definidas e conhecidas. Segundo Crosson (2017) e Lew (2016), o processo deve ser conhecido por todos os envolvidos e deve ser coerente com os padrões e exigências da realidade. A sistema de avaliação deve ser simples e coeso, de forma que a organização avaliada possua o conhecimento semelhante do auditor para classificar as ações de acordo com as devidas evidências de forma antecipada.

A certificação será concedida a organização que alcançar a pontuação mínima para cada tipo de faixa. As empresas podem ser reavaliadas para permanecer com a certificação de acordo com os parâmetros solicitados e acordados a época. Neste caso, existem processos obrigatórios e satisfatórios de avaliação que serão determinantes para solicitação e revalidação da certificação.

4.2 Questionário e indicadores

A seleção dos indicadores é a primeira fase na formulação do SR. De acordo com Oliveira e D'Agosto (2017), para uma avaliação do impacto de uma determinada ação é preciso inicialmente, identificar o aspecto, classificar os atributos e indicadores conforme a experiência dos especialistas (APÊNDICE C). Contudo, há necessidade de verificar e mitigar as externalidades que possam interferir na escolha dos melhores indicadores. Segundo Xiao *et al.* (2015), as diferenças regionais implicam em diferentes multidomínios como economia, tecnologia e desenvolvimento dentro de estruturas e modelos logísticos.

Diante disso, o coeficiente Alfa de Cronbach (α) é um método que testa a consistência interno das respostas do formulário e verifica a variabilidade dos erros na sua classificação. O coeficiente é mais indicado para avaliar a confiabilidade interna dos questionários, e verificação do conjunto de indicadores dos atributos. Segundo Sijtsma (2009), Rogers *et al.* (2002) é o coeficiente de qualidade de indicador mais aplicado para confiabilidade, pois explora fatores em comum entre os atributos. Os valores variam entre

0 e 1, logo, quanto mais próximo de 1, maior o grau de confiança dos indicadores, e quanto mais próximo de 0, menor o grau de confiança dos indicadores.

Esse método tem uma premissa de unidimensionalidade, que caracteriza como um conjunto de indicadores que tem apenas um conceito em comum, onde o valor mínimo aceitável é $\alpha \geq 0.7$, um valor menor caracteriza-se com baixa consistência, contudo, o valor máximo aceitável é 0,95, valor acima considera-se redundante ou duplicado (HAIR JUNIOR *et al.*, 2005 e STREINER, 2003). A vantagem na utilização do Alfa de Cronbach é a flexibilidade na mudança dos indicadores de acordo com as abordagens tecnológicas, econômicas, social e ambiental.

No grupo de indicadores, os pesos são iguais e normalizados, o intervalo de pontuação está entre 0,00 e 1,00, logo a soma dos pesos é igual a 1,00. Essa lógica de peso semelhante é utilizada para não sofrer desvios na adição de novos indicadores regionais. A aplicação de novos indicadores com a mesma finalidade e peso, não possui tendência de criar erros estatísticos, seguindo as mesmas limitações da aplicação do coeficiente de Alfa de Cronbach (MATTHIENSEN, 2011; HORA *et al.*, 2010; e HAYES, 1995), a identificação ocorre com observações dos especialistas, revisão da literatura e consulta por pesquisa narrativa. A aplicação clássica do modelo segue a Eq. 4.1.

$$X = V + E \quad (4.1)$$

X = valor observado

V = valor verdadeiro da medição

E = erro aleatório

Contudo, para uma análise quantitativa a variabilidade é mensurada por (S^2), e representa um conjunto de dados que estão distribuídos em torno do valor esperado ou da média. Logo, de acordo com a Eq. 4.2, assume-se que, a variabilidade do valor esperado é a soma S^2 dos valores verdadeiros e dos erros (LORD e NOVICK, 1968; HORA *et al.*, 2010). Entretanto, se a variância do erro S_E^2 for reduzindo com as interações na retirada de cada indicador, o valor S_v^2 se aproxima de S_x^2 , aumentando a precisão e a confiabilidade do resultado.

$$S_X^2 = S_V^2 + S_E^2 \quad (4.2)$$

$S^2 =$ variância

O coeficiente Alfa de Cronbach tem a função de medir a correlação entre os indicadores de um questionário. O resultado é uma matriz, onde o cálculo é a média da variância dos indicadores ajustada ao número de indicadores k , demonstrado na Eq. 4.3. A Tabela 4.1 apresenta os critérios de recomendação de confiabilidade estimada pelo Alfa de Cronbach observada por alguns autores.

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (4.3)$$

onde:

k corresponde ao número de perguntas (indicadores) do questionário

S_i^2 corresponde à variância de cada pergunta

S_t^2 corresponde à soma da variância total do questionário

Tabela 4.1 - Critérios de confiabilidade estimada pelo Alfa de Cronbach

Autor	Condição	α considerado aceitável
Davis, 1964, p. 24	Previsão individual	Acima de 0.75
	Previsão para grupos de 25-50 indivíduos	Acima de 0.5
Kaplan & Sacuzzo, 1982, p. 106	Investigação fundamental	0.7-0.8
	Investigação aplicada	0.95
Murphy & Davidsholder, 1988, p. 89	Confiabilidade inaceitável	abaixo 0.6
	Confiabilidade baixa	0.8
	Confiabilidade moderada a elevada	0.8 – 0.9
Nunnally, 1978, p. 245-246	Confiabilidade Elevada	0.9
	Investigação preliminar	0.7
	Investigação fundamental	0.9
	Investigação aplicada	0.9-0.95

Fonte: Peterson (1994).

O Alfa de Cronbach foi de 0,929, proveniente das perguntas aos especialistas no APÊNDICE B, e das respostas no APÊNDICE D. Os dados apresentaram elevada confiabilidade, demonstrando alta correlação e intensidade dos resultados, com respostas em comum. Percebe-se que gerentes e pesquisadores estão alinhados sobre a importância da sustentabilidade em transporte.

4.3 Descrição do método de avaliação do TCS

O sistema de reconhecimento foi realizado sob perspectiva de três dimensões: mandatário (M), transporte (T), e atributo (A). Cada dimensão foi medida por meio do ponto de avaliação ($PA_{M,T,A}$) das informações provenientes de questionários específicos ($Q_{M,T,A}$), em escala Likert5, para transportadores, embarcadores, ambientalistas e acadêmicos.

O processo de avaliação do SR pode ser observado sob perspectiva: i) desenvolvimento do questionário proveniente da revisão da literatura com os possíveis indicadores, ii) dimensão transporte e atributo derivam de opinião dos especialistas, formada por um grupo focal, e iii) dimensão mandatária foi realizada com questões regulatórias direcionadas as atividades de segurança dos funcionários e planejamento das operações, logo as empresas foram submetidas sem consulta aos especialistas.

O questionário foi desenvolvido com 10 perguntas para cada aspecto de sustentabilidade com distribuição uniforme e pesos iguais, de maneira que os especialistas foram selecionados de forma aleatória, dentro do seu campo de conhecimento. As respostas são orientadas a experiência profissional e formação acadêmica, o formato foi configurado a evitar as influências externas, exigindo somente a experimentação prática sobre o transporte de carga sustentável. Segundo Liedtka (2005), a redução dos erros estatísticos, depende de um método estruturado, e na sua falta, aumentam as chances de erros para a solução ótima. Segundo Meyer (2002), deve-se evitar a discordância entre as variáveis objetivas e subjetivas, a simplificação do modelo é a melhor solução.

O propósito foi desenvolver um questionário de fácil entendimento, de preenchimento simples e coeso, onde as evidências sejam conhecidas e transparentes. Em que, o enfoque esteja nos aspectos, na classificação dos atributos e na seleção dos indicadores para a definição das perguntas no formulário.

4.4 Ponto de avaliação mandatário (PAM)

A dimensão mandatária foi amparada pelos requisitos obrigatórios em lei ou que são condições indissociáveis de funcionamento para cada modo de transporte, compreende todos os requisitos para o funcionamento do serviço com segurança e saúde dos funcionários, planejamento das operações, equipamentos adequados com inspeção local periódica, confidencialidade dos gestores e responsabilidade de todos os funcionários

sobres as boas práticas em logística sustentável. O cumprimento de toda condição mandatória é indispensável para a obtenção do reconhecimento, logo deve-se preencher todas os requisitos do questionário Q_M, proveniente do APÊNDICE A de forma favorável para P_{AM}.

O auditor é responsável por avaliar todo o processo de certificação das empresas proponentes ao certificado de transporte de carga sustentável. O auditor deve possuir alto padrão ético e apresentar os relatórios de forma restrita e confidencial, de maneira a não apresentar resultados ou procedimentos para pessoas não envolvidas diretamente na avaliação. O auditor não pode interferir nas atividades operacionais das empresas, tal como, sobre questões não atendidas ou pendências entre o prestador de serviços e outros. O auditor não deve operar quaisquer equipamentos das empresas avaliadas e nem aconselhar acerca de observação ou não conformidade. O uso dos equipamentos de segurança é obrigatório, assim como, qualquer outro equipamento ou procedimento de segurança orientado pela empresa avaliada. O auditor deverá especificar em relatório final, inclusive com as documentações necessárias, as proposições e justificativas de cada pergunta (SASSMAQ, 2014). Os auditores devem ser independentes, o modelo exige no mínimo dois e as visitas, de preferência, devem ser realizadas em dias diferentes.

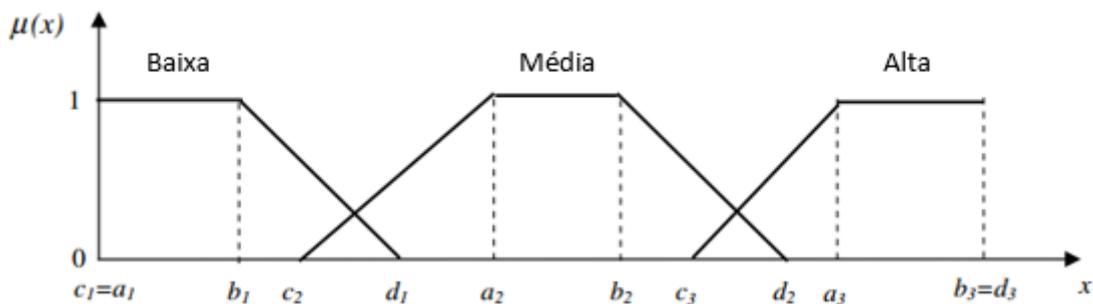
4.5 Ponto de avaliação do transporte (PA_T)

O TCS deve suportar os aspectos econômico, social e ambiental, desta forma, cada um desses aspectos tem um peso em relação as operações de carga. A maior crítica, quando há solicitação qualitativa na tomada de decisão, está relacionada a decisão humana, pois a definição da importância de cada aspecto está relacionada ao acúmulo de informações de cada decisor, neste caso, as decisões sofrem influência de fatores comportamentais relacionada a experiência, a custos, a estratégia etc., de maneira que a lógica *fuzzy* reduz as sobreposições dos indicadores e atributos na escolha dos aspectos de sustentabilidade.

Na impossibilidade de classificação de alguns indicadores diante do julgamento humano, mesmo conhecendo as informações necessárias, a lógica *fuzzy* permite conhecer as variáveis linguísticas e as funções de pertinência para a tomada de decisões entre as respostas intermediárias. A dimensão transporte possui ênfase no fluxo de informação entre o ambiente interno e externo, como o processo de reconhecimento exige o gerenciamento de muitas informações, a lógica *fuzzy* tem o propósito em mitigar os erros

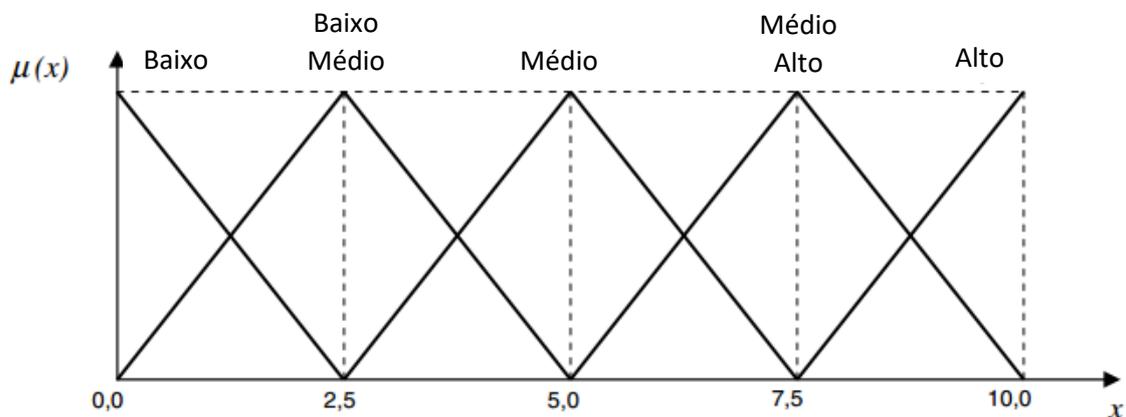
humanos (ISLAM *et al.*, 2018), identificar e ponderar as principais variáveis (SHANKAR *et al.*, 2018), e verificar e internalizar as melhores práticas (CHAPPIN *et al.*, 2015).

O método Mamdani é mais adequado, pois permite a tomada de decisão com inclusão de pesos na sua formação. Segundo Filippo (2007), o modelo começa com a composição dos parâmetros de entrada, transformadas em variáveis linguísticas a partir da opinião dos especialistas, logo, o modelo é uma generalização da função trapezoidal com os seguintes termos: baixo, médio e alto representada por $[c_1, a_1, b_1, d_1]$, $[c_2, a_2, b_2, d_2]$ e $[c_3, a_3, b_3, d_3]$ conforme a Figura 4.2, o modelo triangular permite saídas de resultado mais rápidas, ao contrario do trapezoidal, em que ocorre mudanças de maneira mais lenta, justamente pela sua maior amplitude no desenho do conjunto fuzzy. Os parâmetros de entradas permite desenvolver os parametros de saída de acordo com as regras de subcritério e critério, representada por baixo, baixo/médio, médio, médio/alto, e alto, exemplificados na Figura 4.3.



Fonte: Filippo (2007)

Figura 4.2: Conjunto *fuzzy* de avaliação dos parâmetros de entrada.



Fonte: Filippo (2007)

Figura 4.3: Conjuntos *fuzzy* para avaliar os parâmetros de saída (subcritérios e critérios).

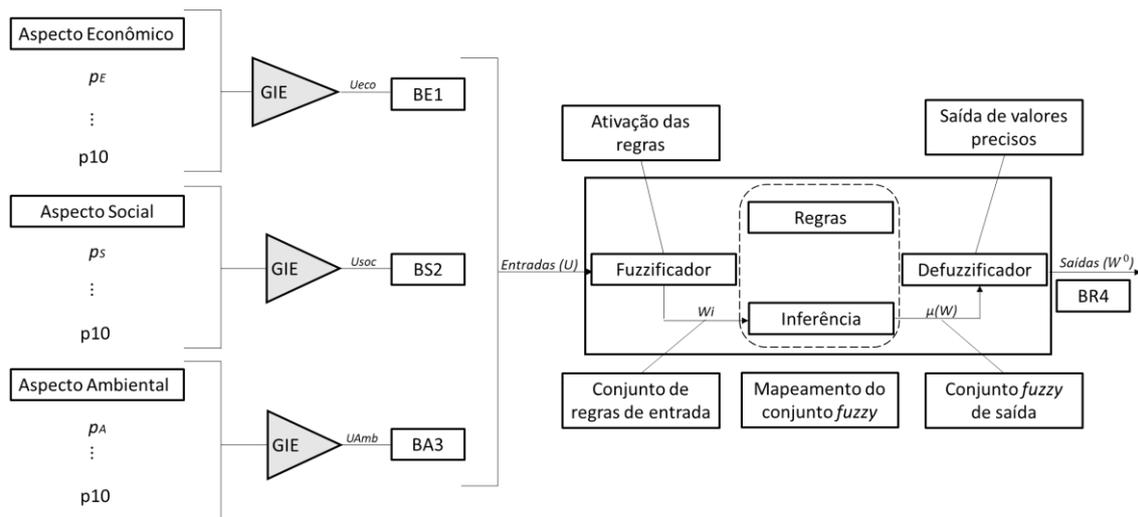
A abordagem Mamdani apresenta um custo computacional alto, esse modelo de inferência de dados com várias respostas, pode impedir o uso de aplicativos ou processo sensíveis a custo (WU, 2013). Contudo, ao invés de tratar cada pergunta como um conjunto independente, optou-se por tratar como conjunto, cada aspecto de sustentabilidade, formando três variáveis de entrada para o processo de inferência.

4.5.1 Arquitetura da avaliação fuzzy

As variáveis clássicas formada pelas perguntas p_i são transformadas em conjunto dos “termos linguísticos de uma variável linguística” ($p_i \subseteq U$), usando uma função de pertinência $\mu_{p_i}: U \rightarrow [0,1]$. Portanto, os conjuntos $\mu_{w_i} = 1, 2, \dots, n$ em U são obtidos pelos processos de fuzzificação de acordo com a Eq. 4.6, sendo que $\mu_w(p_i)$ representa o grau em que o elemento p_i pertence ao conjunto fuzzy $\mu(w)$. A formação em um único termo formado pelo conjunto das perguntas de cada aspecto foi necessária para reduzir o custo de processamento dos dados.

A Figura 4.4 apresenta a arquitetura fuzzy para alcançar a pontuação mínima α -cut (w^0) para a aprovação no PA_T. Neste caso, o processo foi executado com 30 variáveis linguísticas que foram reduzidas à três, compostos por quatro blocos de inferência distribuídas em 125 regras. O BE1 representa as variáveis de entrada do aspecto econômico, o BS2 representa o aspecto social, e BA3 o aspecto ambiental. O BR4 é resultado do processo de defuzzificação em valores precisos *crisp*.

A tomada de decisão é constituída do processo lógico do sistema de conjunto fuzzy (NOLASCO, 2019), onde a base do conhecimento é formada por um conjunto de regras linguísticas que apresentam as conclusões definidas pela relação Se-Então (HONG e LEE, 1996). O valor *crisp* do processo de defuzzificação é resultado preciso das possibilidades dos especialistas para aceitação em transporte sustentável.



Legenda: p_e = perguntas do conjunto econômico, p_s = perguntas do conjunto social, p_a = perguntas do conjunto ambiental, GIE = grau de importância do especialista, BE = bloco econômico, BS = bloco social, BA = bloco ambiental, BR = bloco de resultado, w = variáveis em processo de fuzzificação, $\mu(w)$ = variáveis fuzzificadas, w^0 = valor crisp.

Fonte: produção própria

Figura 4.4: Arquitetura da rede fuzzy.

4.5.2 Método de fuzzificação, inferência e defuzzificação do PA_T

A avaliação da dimensão transporte foi conferido ao Q_T com a participação de 31 especialistas, sendo 24 entre os modos de transporte; 2 embarcadores; e 5 pesquisadores. A escolha do recurso foi importante para não comprometer a confiabilidade da pesquisa e evitar influências e pressões externas (SAMARAKOON e RATNAYAKE, 2017; CHAPPIN *et al.*, 2015). A Tabela 4.2 classifica os especialistas por cargo e titulação, atribuindo pesos. A Eq. 4.4 apresenta o grau de importância por especialista utilizado por Grecco *et al.* (2012), como forma de ponderar a relevância.

Tabela 4.2: Classificação dos especialistas por cargo e titulação

Cargo na empresa ou experiência (c)	Peso (p)
Operacional ou pesquisador júnior	1
Analista ou pesquisador entre 2 e 4 anos de experiência	2
Coordenador, supervisor ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência	3
Gerente ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	4
Direção ou pesquisador com mais de 15 anos de experiência	5
Titulação ou formação (t)	Peso (p)
Sem titulação	1
Graduado	2
Pós-graduado ou especialização	3
Mestre	4
Doutor	5

Fonte: produção própria.

$$GIE = \frac{(p(t)+p(c))}{\Sigma p} \quad (4.4)$$

Em que:

GIE = grau de importância do especialista

p = pesos

c = cargo na empresa ou experiência

t = titulação ou formação

O GIE é a matriz especialista (E), utilizada como vetor na multiplicação da matriz *survey* (S_i), os fatores qualitativos foram fornecidos pelos especialistas (e_i) (WANG e SUN, 2010), associadas as perguntas (p_i) para cada aspecto de sustentabilidade, conforme a Eq. 4.5. O V_i é a média do produto das matrizes $S_i \circ E$, dado que existe uma relação *fuzzy* no universo do discurso para variáveis de entrada $U_i = (u_1, u_2, \dots, u_i)$, e variáveis de saída $W_i = (w_1, w_2, \dots, w_i)$, definidas no intervalo $[0,10]$, caracterizando a função de pertinência em $\mu_i: U \times W \rightarrow [0,1]$, conforme a Eq. 4.6.

$$V_i = S_i \circ E = \left\{ \sum_{i=0}^n \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1e} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{p1} & \dots & S_{pe} \end{bmatrix} \times [E_1, E_2, \dots, E_n] \right\} / \sum_{i=0}^n p_i \quad (4.5)$$

V_i = variável de entrada por aspectos de sustentabilidade

E = peso dos especialistas

S_i = matriz com a resposta dos especialistas

e_i = especialistas (transportadores, embarcadores, ambientalistas e acadêmicos)

p_i = perguntas por aspecto de sustentabilidade (indicadores)

i = aspectos de sustentabilidade

$$\mu_{S_i \circ E}(u, w) = \bigvee \mu_{u_i}(u, v) \wedge \mu_{w_i}(v, w) \quad (4.6)$$

$\mu_{S_i \circ E}(u, w)$ = relação *fuzzy* das variáveis $S_i \circ E$ para cada aspecto de sustentabilidade

u = variável de entrada do universo do discurso

v = variável intermediária

w = variável de saída do universo do discurso

O resultado atribui a função de pertinência o objetivo de avaliar o melhor equilíbrio dos termos linguísticos. O termo “nenhuma importância” é uma função decrescente (fd) como demonstrando na Eq. 4.7, os termos “pouca importância”, “importante” e “muito importante” são funções triangulares (ftr) na Eq. 4.8, o termo extremamente importante é função crescente (fc) na Eq. 4.9. As variáveis de saída ou pontuação do sistema de reconhecimento W são classificados em cinco graduações: excelente, muito bom, bom, regular e insuficiente. Como a avaliação dos requisitos possuem o mesmo objetivo, o universo do discurso tem o mesmo peso w_i para todos os aspectos. Os blocos de entrada foram intitulados como estimador de média, logo permite a aplicação de dados como conjunto *fuzzy singletons*.

$$fd(x, a, c) = \min\left(1, \max\left(0, \left(\frac{c-x}{c-a}\right)\right)\right) \quad (4.7)$$

$$ftr(x, a, b, c) = \min\left(\max\left(0, \left(\frac{x-a}{b-a}\right)\right), \max\left(0, \left(\frac{c-x}{c-b}\right)\right)\right) \quad (4.8)$$

$$fc(x, a, c) = \min\left(1, \max\left(0, \left(\frac{x-a}{c-a}\right)\right)\right) \quad (4.9)$$

$$U_n = \begin{cases} \text{Nenhuma importância } (x) = fd(u;1;2), & \begin{array}{l} 1 \text{ se } u = 1 \\ 0 \text{ se } u \neq 1 \end{array} \\ \text{Pouca importância } (x) = ftr(u;1;2;3), & \begin{array}{l} 1 \text{ se } u = 2 \\ 0 \text{ se } u \neq 2 \end{array} \\ \text{Importante } (x) = ftr(u;2;3;4), & \begin{array}{l} 1 \text{ se } u = 3 \\ 0 \text{ se } u \neq 3 \end{array} \\ \text{Muito importante } (x) = ftr(u;3;4;5), & \begin{array}{l} 1 \text{ se } u = 4 \\ 0 \text{ se } u \neq 4 \end{array} \\ \text{Extremamente importante } (x) = fc(u;4;5), & \begin{array}{l} 1 \text{ se } u = 5 \\ 0 \text{ se } u \neq 5 \end{array} \end{cases}$$

$$W = \begin{cases} \text{Insuficiente} = fd(w,1;3) \\ \text{Regular} = ftr(w,1;3;5) \\ \text{Bom} = ftr(w,3;5;7) \\ \text{Muito Bom} = ftr(w,5;7;9) \\ \text{Excelente} = fc(w,7;9) \end{cases}$$

A vantagem em tratar cada aspecto de sustentabilidade como um conjunto *fuzzy* foi a redução dos termos linguísticos para determinar as regras de inferência (MA *et al.*, 2019; GOYAL e ROUTROY, 2018; ISLAM *et al.*, 2018; TSENG *et al.*, 2015; BROTONS e SANSALVADOR, 2017), neste caso, foram utilizadas 125 regras, maximizando todas as combinações possíveis.

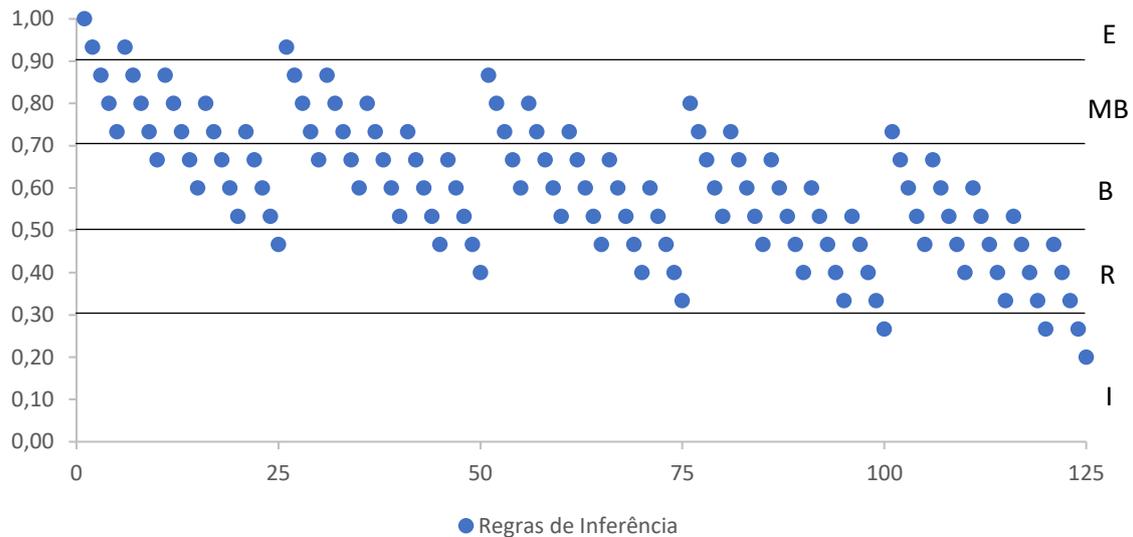
No processo de inferência foram realizadas as operações para todas as regras λ_i por meio da Eq. 4.10, os valores de saída formaram as variáveis *fuzzy* conforme Eq. 4.11. O conjunto *fuzzy* de saída $\mu_i''(w)$ é a soma de cada resultado $\mu_i'(w)$, pois esse processo ocorre para todas as regras, apresentada na Eq. 4.12.

$$\lambda_i = \mu_{E,S,A}(u_i) \wedge \mu_{E,S,A}(v_i) \quad (4.10)$$

$$\mu_i'(w) = \min [\lambda_i, \mu_i(w)] \quad (4.11)$$

$$\mu''(w) = \max [u_1'w, u_2'w, u_3'w, \dots u_i'w] \quad (4.12)$$

A Figura 4.5 demonstra a distribuição das regras de inferência para as variáveis de saída w_i . Esse procedimento ocorreu de forma linear como proposta de equilíbrio dos aspectos de sustentabilidade, pois foram concedidos valores por intensidade no intervalo de [0,1].



Legenda: $\geq 0,9$ = Excelente; $\geq 0,7$ Muito Bom $< 0,9$; $\geq 0,5$ Bom $< 0,7$; $\geq 0,3$ Regular $< 0,5$; e $< 0,3$ = Insuficiente. A linearidade dos dados é uma representatividade do equilíbrio das variáveis de saída $\mu_i(w)$.

Fonte: Produção Própria

Figura 4.5: Dispersão das regras de inferência para variáveis de saída.

O centro de gravidade foi utilizado como método de Defuzzificação, pois em pesquisas de Yuan *et al.* (2011) e Li (2006), mostrou-se um método ótimo para determinar os pontos médios e racionalizar os erros de distribuição. A Eq. 4.13 apresenta o modelo para o α -cut da dimensão transporte, esse valor foi utilizado como pontuação mínima de avaliação com dados fornecidos pelos especialistas. O PA_T foi realizado com dados apresentados pelas empresas. A avaliação é satisfatória quando $PA_T \geq \alpha$ -cut.

$$\alpha - cut \rightarrow PA_T = W^0 = \frac{\sum_i \mu''(w_i)w_i}{\sum_i \mu''(w_i)} \quad (4.13)$$

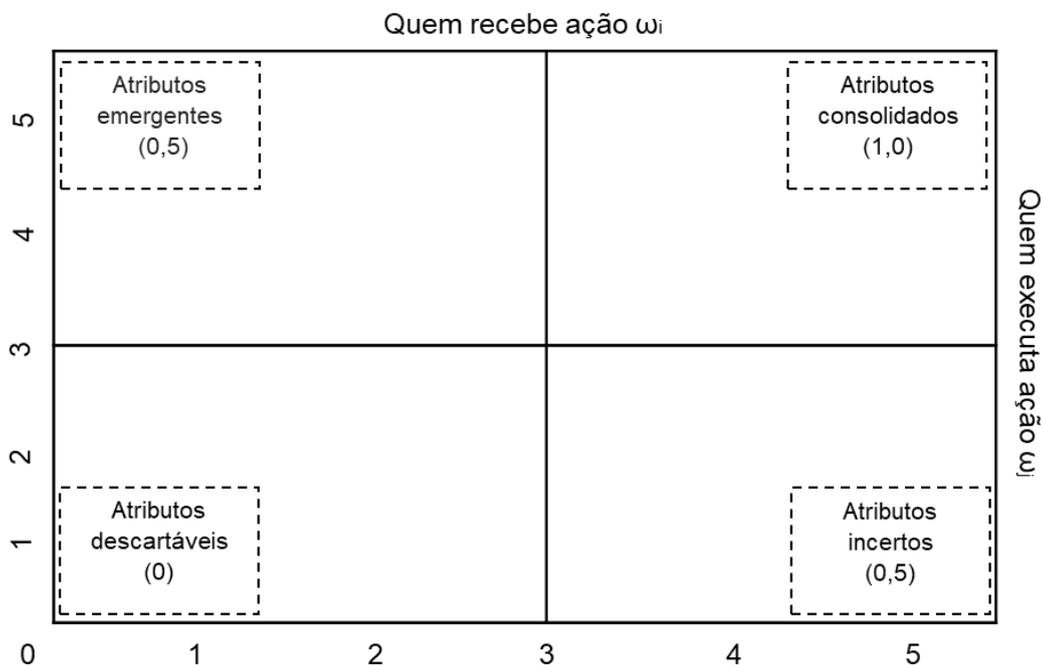
α -cut = pontuação mínima para aprovação

W^0 = estimativa para o elemento que melhor representa o conjunto *fuzzy* em valor *crisp*

4.6 Ponto de avaliação do atributo (PA_A)

A dimensão atributo compreende o esforço que as empresas estão realizando para neutralizar o carbono no transporte de carga. A avaliação deve ser genérica e aplicada em nichos específicos (ENCINAS *et al.*, 2017; LEPAGE, 2009). O método utilizado foi de avaliação matricial, pois fornece uma abordagem realista (TENG e JARAMILLO, 2005), rápida para análise de atributos (RAO, 2006), e adequada para questões ambientais (YANG *et al.*, 2009) entre os transportadores e embarcadores, apresentada na Figura 4.6.

O eixo x foi determinado pela percepção de quem recebe ação com peso ω_i , o eixo y foi a percepção de quem executa a ação com peso ω_j , cada auditor responsável por uma ação, ambos foram classificados em escala Likert5. A matriz foi dividida em quatro subconjuntos com parâmetros de decisão, determinando as coordenadas x,y , com o objetivo de classificar os pesos de acordo com: i) atributos consolidados (alta presença de quem recebe e de quem executa ação), peso 1,0; ii) atributos emergentes (baixa presença de quem recebe e alta presença de quem executa ação), peso 0,5; iii) atributos incertos (alta presença para quem recebe e baixa para quem executa ação), peso 0,5; iv) atributos descartáveis (baixa presença de quem recebe e para quem executa ação); peso 0.



Fonte: produção própria
 Figura 4.6: Matriz de avaliação de percepção.

Os atributos descartáveis foram automaticamente eliminados, os atributos emergentes e incertos foram considerados em evolução, os consolidados são os elementos que estão na margem da meta. O procedimento *business-as-usual* (BAU) foi utilizado para mensurar os dados, observando a funcionalidade tradicional por um período tempo anterior, comparando com o período posterior, depois da aplicação das boas práticas (YAMABE *et al.*, 2014; OLIVEIRA e D'AGOSTO, 2017). A auditoria da dimensão atributo deve ser realizada de forma independente por, pelo menos, dois membros com respostas provenientes do questionário Q_A . A Eq. 4.14 representa o PA_A , dado que as respostas (r) são disponibilizadas pelos auditores x,y classificado pelo seu respectivo peso ω .

$$PA_A = \sum_{x,y}^n \omega(r_x + r_y) / \sum_{x,y}^n r \quad (4.14)$$

x, y = auditores externos

r = respostas dos auditores

ω = peso atribuído ao cruzamento das respostas dos auditores

4.7 Certificação

A certificação é construída a partir de experiências de diferentes provedores de serviços de transporte. O acúmulo de informações é importante para despertar mudanças e adaptações necessárias as mudanças do ambiente de negócio e social. De acordo com Kaledinova *et al.* (2015), o TCS ainda é relativamente recente, mesmo que quase todas as empresas de transporte estejam engajadas na sustentabilidade. Cada uma obteve experiências diferentes em tornar o transporte mais sustentável. Observando os esforços e sucessos de outras pessoas que compartilham essas experiências, a informação pode ajudar transportadores e prestadores de serviços em obter novas experiências e idéias inovadoras de como se tornar mais sustentável.

O rótulo visual é instrumento que contribui com o consumidor na fiscalização das normas e condutas das empresas com o meio ambiente, aumentando a competitividade de forma global, pois as empresas através da mudança de comportamento, optam por tornarem mais eficiente em relação a utilização da cadeia de suprimento. Govindan *et al.* (2014) esclarece que os paradigmas de gestão da cadeia de suprimentos é tornar-se enxuta, resiliente e verde, pois são processos considerados estratégicos na gestão na cadeia de suprimentos.

Identificação das relações conceituais entre práticas de gestão da cadeia de suprimentos e sustentabilidade é uma contribuição dos *stakeholders*, de forma que a certificação é um meio para nivelar o conhecimento das empresas entorno da taxonomia e suas características em transporte de carga, pois a sustentabilidade é uma condição de qualidade humana, que não pode representar apenas, um seletivo grupo de empresas. SR deve permitir a continuidade do processo de melhoria, independente do tamanho e do porte financeiro das empresa, agregando conhecimento e valor a todos os envolvidos.

4.7.1 Tipos de certificação

O incentivo ao processo de melhoria por parte das empresas, deve ser contínuo, agregando valor a atividade operacional na gestão das empresas, por isso, o sistema de pontuação permite que as empresas se certifiquem, e se sintam incentivadas a evoluir para os próximos estágios de ranqueamento. Em pesquisas realizadas por Crosson (2017), detalha a importância do *scoring*, pois a sociedade precisa estar conectada com os tipos de certificação, e como as pessoas podem avaliar aquelas que mais contribuem com os critérios de sustentabilidade.

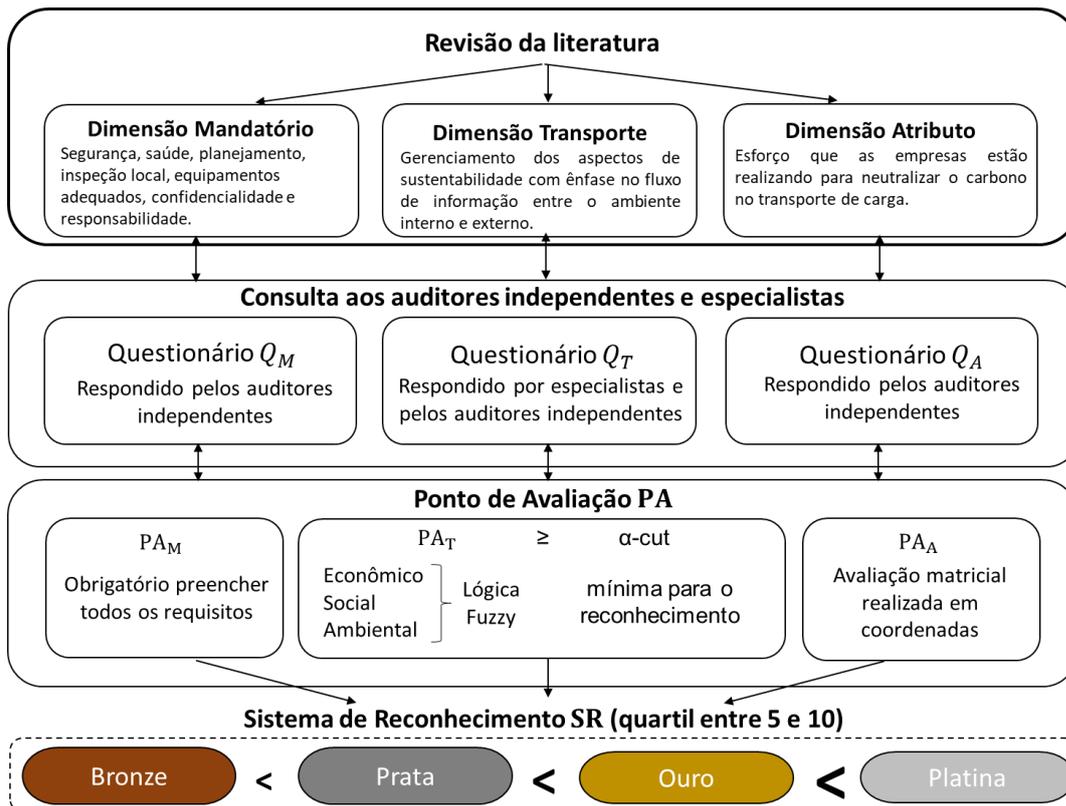
As certificações são quatro: i) bronze - empresas que estão nos estágios iniciais de implantação das boas práticas em TCS, ii) prata – empresas que possuem procedimentos de sustentabilidade, contudo em fase de desenvolvimento, iii) ouro – correta aplicação das boas práticas em sustentabilidade, contudo, os processos não estão consolidados, e iv) platina – todos os procedimentos aplicados e consolidados.

4.8 Consolidação das dimensões para o sistema de reconhecimento

O reconhecimento das empresas exige o cumprimento de todos os requisitos da dimensão mandatários, e os requisitos mínimos das dimensões transporte e atributo. O resultado da Eq. 4.15 é a média das avaliações nas dimensões transporte e atributo. O α -cut é uma constante, somente é alterado com mudanças tecnológicas e culturais, necessitando de uma nova *survey*, os demais valores são concedidos em cada avaliação. A importância de múltiplas abordagens na tomada de decisão, apontam para soluções neutrosóficas, onde as ideias são balanceadas em um estado de equilíbrio (SMITS *et al.*, 2019). A consolidação do resultado em uma pontuação única evita que as empresas obtenham resultados favoráveis em um ou outro aspecto de sustentabilidade, pois o objetivo é que as empresas possuem o equilíbrio necessário do *triple bottom line*.

O SR, apresentado na Figura 4.7, foi dividido em quartis com pontuação mínima de 5,0 para certificação. O primeiro foi classificado em bronze com pontuação entre 5,0 e 6,25; segundo, prata entre 6,26 e 7,25; terceiro, ouro entre 7,26 e 8,75; e quarto, platina entre 8,76 e 10.

$$SR = (PA_T + PA_A)/2 \quad (4.15)$$



Fonte: produção própria
 Figura 4.7: Processo metodológico para o sistema de reconhecimento SR para o transporte de carga sustentável.

5. APLICAÇÃO DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TCS

Na aplicação do processo metodológico para o teste experimental do SR, seis empresas foram selecionadas nas seguintes áreas: bebidas (rodoviária), linhas aérea (aéreo), óleo e gás (dutoviário), distribuidora de combustível (embarcador), minério (ferroviário), e transporte a granel (aquático), entre 31 especialistas, seis são integrantes do setor ferroviário, cinco do setor dutoviário, cinco do setor rodoviário, quatro do setor aéreo, quatro do setor aquático, dois embarcadores e cinco pesquisadores. O SR foi avaliado sob a perspectiva de três dimensões, de maneira que houve um tratamento de dados, seguindo as características de cada dimensão.

5.1 Resultado da dimensão mandatório PA_M

O cumprimento de todos os requisitos da dimensão mandatório (PA_M) foram condições mínimas para o reconhecimento. A avaliação das ações nas empresas foi um processo de mudança nas operações e na tomada de decisão. Os auditores estavam atualizados, de acordo com as mudanças tecnológicas e sociais. Segundo Gerolamo (2014), o sistema de gestão deve ser integrado ao processo de implementação do sistema de auditoria de forma periódica, pois as empresas certificadas, monitoram de forma mais eficiente toda a cadeia de suprimento. Na auditoria, todas as empresas avaliadas foram aprovadas em todos os requisitos obrigatórios do questionário Q_M do APÊNDICE A. O método *Business as usual* – BAU será utilizado para avaliar a performance das empresas ao longo do tempo, pois é uma avaliação de abordagem espaço-tempo que compreende o acompanhamento das melhorias no processo de certificação.

5.2 Resultado da dimensão transporte PA_T

A análise com múltiplas abordagens exigiu uma diferenciação no modelo aplicado, concedendo maior peso aos especialistas de maior experiência e formação. As regras pertinentes ao modelo foram desenvolvidas de maneira a permitir redução do custo computacional, sem necessariamente aumentar os erros probabilísticos, esse processo foi importante para facilitar a sua aplicação e melhorar a aceitação na avaliação. O resultado foi a interação dos aspectos de sustentabilidade, sem diferenciar pesos e importância, de maneira que agregar todos os requisitos em uma única nota.

5.2.1 Grau de importância do especialista (GIE)

O resultado do GIE na Eq. 4.4, demonstrado na Tabela 5.1, foi desenvolvido a partir das respostas dos especialistas. Como as decisões são influenciadas pela experiência profissional e formação acadêmica as duas variáveis de decisão foram utilizadas como critério de peso. De acordo com Grecco *et al.* (2012), deve-se aplicar um critério de análise para o conjunto de respostas dos especialistas, de maneira a reduzir distorções nos resultados. Os especialistas com maior grau de importância devem possuir maior peso na decisão.

Tabela 5.1: grau de importância dos especialistas

Especialista	Função na empresa ou na sociedade	Formação acadêmica	Σ	GIEi
E1	5	3	8	0,040201
E2	1	3	4	0,020101
E3	5	3	8	0,040201
E4	3	2	5	0,025126
E5	5	5	10	0,050251
E6	4	4	8	0,040201
E7	5	5	10	0,050251
E8	3	5	8	0,040201
E9	1	2	3	0,015075
E10	3	3	6	0,030151
E11	4	5	9	0,045226
E12	1	2	3	0,015075
E13	5	4	9	0,045226
E14	4	3	7	0,035176
E15	5	2	7	0,035176
E16	3	3	6	0,030151
E17	1	4	5	0,025126
E18	3	3	6	0,030151
E19	4	3	7	0,035176
E20	4	3	7	0,035176
E21	1	2	3	0,015075
E22	1	2	3	0,015075
E23	3	3	6	0,030151
E24	3	3	6	0,030151
E25	4	2	6	0,030151
E26	3	3	6	0,030151
E27	2	3	5	0,025126
E28	3	2	5	0,025126
E29	5	4	9	0,045226
E30	3	4	7	0,035176
E31	3	4	7	0,035176
Σ			199	1

Legenda: GIEi = grau de importância dos especialistas.

Fonte: produção própria.

As variáveis de entrada no universo do discurso são provenientes do APÊNDICE D obtidas através da Eq. 4.5, em que a multiplicação das matrizes pesos de cada especialista se relaciona com as respostas de cada aspectos de sustentabilidade. O resultado é a

convergência das respostas de todos os especialistas, aplicando um único valor para cada pergunta. A Tabela 5.2 demonstra o resultado para cada aspecto e suas perguntas.

Tabela 5.2: demonstração das variáveis de entrada do universo de discurso (U_i) para cada aspecto de sustentabilidade

Aspecto	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	V_i
Econômico	4,17	4,02	4,35	4,18	4,30	3,38	4,27	3,73	3,22	3,97	3,96
Social	3,70	2,84	3,93	4,05	3,83	3,02	3,98	3,93	4,19	4,24	3,77
Ambiental	4,24	3,71	3,93	3,83	3,86	4,26	3,88	3,68	3,74	3,76	3,89

Legenda: V_i = variável de entrada por aspectos de sustentabilidade; p = perguntas.

Fonte: produção própria.

A variável V_i é a média dos resultados das perguntas de cada aspecto de sustentabilidade, representando as variáveis de entrada provenientes do universo do discurso em $U_{ECO} = 3,96$; $U_{SOC} = 3,77$ e $U_{AMB} = 3,89$, em anexo no APÊNDICE B. Essas variáveis foram utilizadas como parâmetros para as funções de pertinências decrescente (nenhuma importância) na Eq. 4.7, função triangular (pouco importância, importante e muito importante) na Eq. 4.8, e função crescente (extremamente importante) na Eq. 4.9. As perguntas foram classificadas nestas intensidades, de maneira a distribuir as diferenciações das respostas dos especialistas em relação as respostas do questionário.

5.2.2 Processo de fuzzificação, inferência e defuzzificação do PA_T

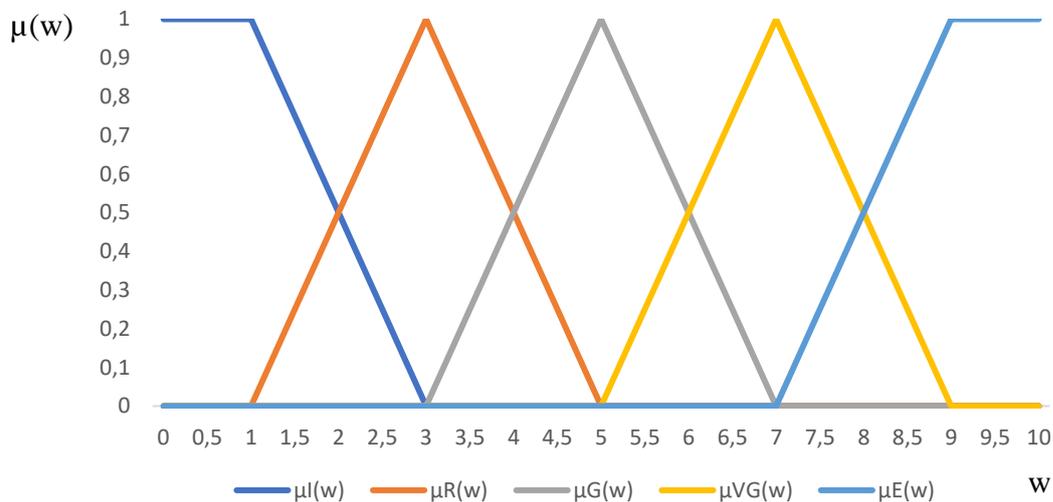
No modelo proposto foram aplicadas as funções de pertinência na forma triangular, uma vez que é uma generalização do modelo trapezoidal para valores discretos (FILIPPO, 2007). Esse modelo permite uma aplicação mais compreensível e coerentes de acordo com os critérios selecionados na revisão da literatura. A Tabela 5.3 demonstra a transição do conjunto *fuzzy* de avaliação das variáveis de entrada na escala Likert5 para o conjunto *fuzzy* de avaliação das variáveis de saída com pontuação máxima em 10. A Figura 5.1 apresenta a distribuição e os subcritérios na análise do universo do discurso.

Tabela 5.3: Conjunto *fuzzy* de avaliação das variáveis de entrada u e saída w

Universo de discurso de entrada $\forall u = [1, 5]$		u_i	1,0	1,1	1,2	...	5,00
1 – Nenhuma importância	$\mu_{NI}(x) = fd(x;1;2)$	$\mu_{NI}(x)$	1,0	0,9	0,8	...	0,00
2 – Pouca importância	$\mu_{PI}(x) = ftr(x;1;2;3)$	$\mu_{PI}(x)$	0,0	0,1	0,2	...	0,00
3 – Importante	$\mu_I(x) = ftr(x;2;3;4)$	$\mu_I(x)$	0,0	0,0	0,0	...	0,00
4 – Muito importante	$\mu_{MI}(x) = ftr(x;3;4;5)$	$\mu_{MI}(x)$	0,0	0,0	0,0	...	0,00
5 – Extremamente importante	$\mu_{EI}(x) = fc(x;4;5)$	$\mu_{EI}(x)$	0,0	0,0	0,0	...	1,00

Universo de discurso de saída $\forall w = [0, 10]$		w	0	0,25	0,5	...	10,0
Insuficiente	$\mu_I(w) = fd(w,1;3)$	$\mu_I(w)$	1	1	1	...	0,00
Regular	$\mu_R(w) = ftr(w,1;3;5)$	$\mu_R(w)$	0	0	0	...	0,00
Bom	$\mu_B(w) = ftr(w,3;5;7)$	$\mu_B(w)$	0	0	0	...	0,00
Muito Bom	$\mu_{MB}(w) = ftr(w,5;7;9)$	$\mu_{MB}(w)$	0	0	0	...	0,00
Excelente	$\mu_E(w) = fc(w,7;9)$	$\mu_E(w)$	0	0	0	...	1,00

Fonte: produção própria.



Legenda: μ_I = pertinência insuficiente, μ_R = pertinência regular, μ_B = pertinência bom, μ_{MB} = pertinência muito bom, e μ_E = pertinência excelente.

Fonte: produção própria

Figura 5.1 conjunto *fuzzy* de avaliação das variáveis de saída.

As regras de inferência foram distribuídas em quatro blocos (B), seguindo em BE1, Econômico; BS2, Social; BA3, Ambiental. Esse processo compreende o *Triple Bottom Line* das variáveis de entradas que corresponde as respostas dos especialistas. O BR4, compreende bloco de resultado derivado do processo de defuzzificação para valor *crisp*, que descreve a pontuação mínima para a obtenção da aprovação em PA_T.

Com princípio de reduzir o custo computacional, foi sugerido uma única nota para cada aspecto de sustentabilidade, desta forma, as interações foram reduzidas para 125 regras

possíveis em escala Likert5 distribuídos em três blocos, em que as declarações condicionais [SE], [É] e [ENTÃO] estruturam as regras de interação para as variáveis linguísticas em cada aspecto de sustentabilidade, classificadas da seguinte forma:

[SE], ($< 0,3 = I$), [É] Insuficiente;

[SE] ($\geq 0,3 < 0,5 = R$), [É] Regular;

[SE] ($\geq 0,5 < 0,7 = B$), [É] Bom;

[SE] ($\geq 0,7 < 0,9 = MB$), [É] Muito Bom;

[SE] ($\geq 0,9 = E$), [É] Excelente.

A média entre os aspectos econômico, social e ambiental formam o resultado das variáveis de saída [ENTÃO] em cada regra pelo método Mamdani. A Tabela 5.4 demonstra a interação entre as variáveis para a pontuação mínima de aprovação em PA_T.

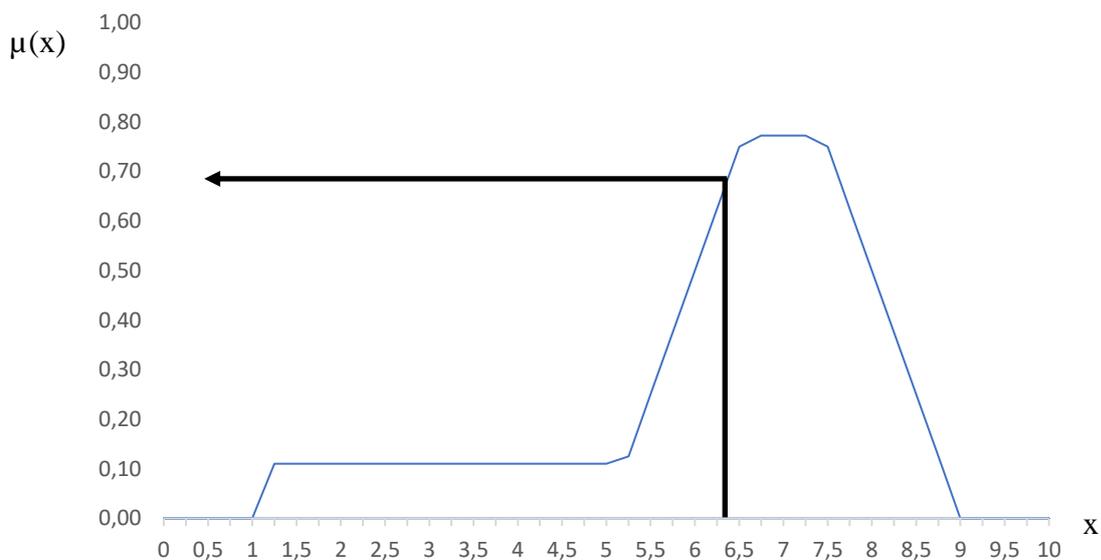
Tabela 5.4: Base de regras para pontuação de avaliação em transporte

Regras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Econômico	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Social	E	E	E	E	E	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	R	R	R	R	R	I	I	I	I	I	
Ambiental	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	
Média	1,00	0,93	0,87	0,80	0,73	0,93	0,87	0,80	0,73	0,67	0,87	0,80	0,73	0,67	0,60	0,80	0,73	0,67	0,60	0,53	0,73	0,67	0,60	0,53	0,47	
Variável de saída $\mu_i'(w)$	E	E	MB	MB	MB	E	MB	MB	MB	B	MB	MB	MB	B	B	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	R	
Regras	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Econômico	MB	MB																								
Social	E	E	E	E	E	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	R	R	R	R	R	I	I	I	I	I	
Ambiental	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	
Média	0,93	0,87	0,80	0,73	0,67	0,87	0,80	0,73	0,67	0,60	0,80	0,73	0,67	0,60	0,53	0,73	0,67	0,60	0,53	0,47	0,67	0,60	0,53	0,47	0,40	
Variável de saída $\mu_i'(w)$	E	MB	MB	MB	B	MB	MB	MB	B	B	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	R	B	B	B	R	R	
Regras	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
Econômico	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Social	E	E	E	E	E	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	R	R	R	R	R	I	I	I	I	I	
Ambiental	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	
Média	0,87	0,80	0,73	0,67	0,60	0,80	0,73	0,67	0,60	0,53	0,73	0,67	0,60	0,53	0,47	0,67	0,60	0,53	0,47	0,40	0,60	0,53	0,47	0,40	0,33	
Variável de saída $\mu_i'(w)$	MB	MB	MB	B	B	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	
Regras	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
Econômico	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Social	E	E	E	E	E	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	R	R	R	R	R	I	I	I	I	I	
Ambiental	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	
Média	0,80	0,73	0,67	0,60	0,53	0,73	0,67	0,60	0,53	0,47	0,67	0,60	0,53	0,47	0,40	0,60	0,53	0,47	0,40	0,33	0,53	0,47	0,40	0,33	0,27	
Variável de saída $\mu_i'(w)$	MB	MB	B	B	B	MB	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	I	
Regras	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	
Econômico	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Social	E	E	E	E	E	MB	MB	MB	MB	MB	B	B	B	B	B	R	R	R	R	R	I	I	I	I	I	
Ambiental	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	E	MB	B	R	I	
Média	0,73	0,67	0,60	0,53	0,47	0,67	0,60	0,53	0,47	0,40	0,60	0,53	0,47	0,40	0,33	0,53	0,47	0,40	0,33	0,27	0,47	0,40	0,33	0,27	0,20	
Variável de saída $\mu_i'(w)$	MB	B	B	B	R	B	B	B	R	R	B	B	R	R	R	B	R	R	R	I	R	R	R	I	I	

Fonte: Produção própria.

Para cada regra, de acordo com as respectivas declarações condicionais, utiliza-se as funções da Tabela 5.3. Os resultados são variáveis de saída $\mu_i'(w)$ proveniente das Eq. 10 e Eq. 11, sucessivamente. Esse processo ocorre com a interação dos três aspectos de sustentabilidade, formando as variáveis da função de máxima para os resultados de todas as regras $\mu_i''(w)$ na Eq. 12.

A defuzzificação foi realizada pelo método de centro de gravidade, a nota obtida foi α -cut de 6,27, com tendência a classificação “muito bom”. Esse resultado é condição mínima para a obtenção do SR na dimensão transporte. A Figura 5.2 representa a interpretação do processo de inferência do conjunto *fuzzy*, que neste caso, apresenta o valor exato das preferências dos especialistas para a sustentabilidade em transporte. A pertinência μ_i exigiu controles regidos dos candidatos para a certificação do TCS, pois o α -cut de 6,27, caracteriza uma possibilidade mínima de 68% de creditação dos requisitos solicitados para o PA_T.



Fonte: Produção própria

Figura 5.2: Conjunto *fuzzy* do resultado das regras de inferência.

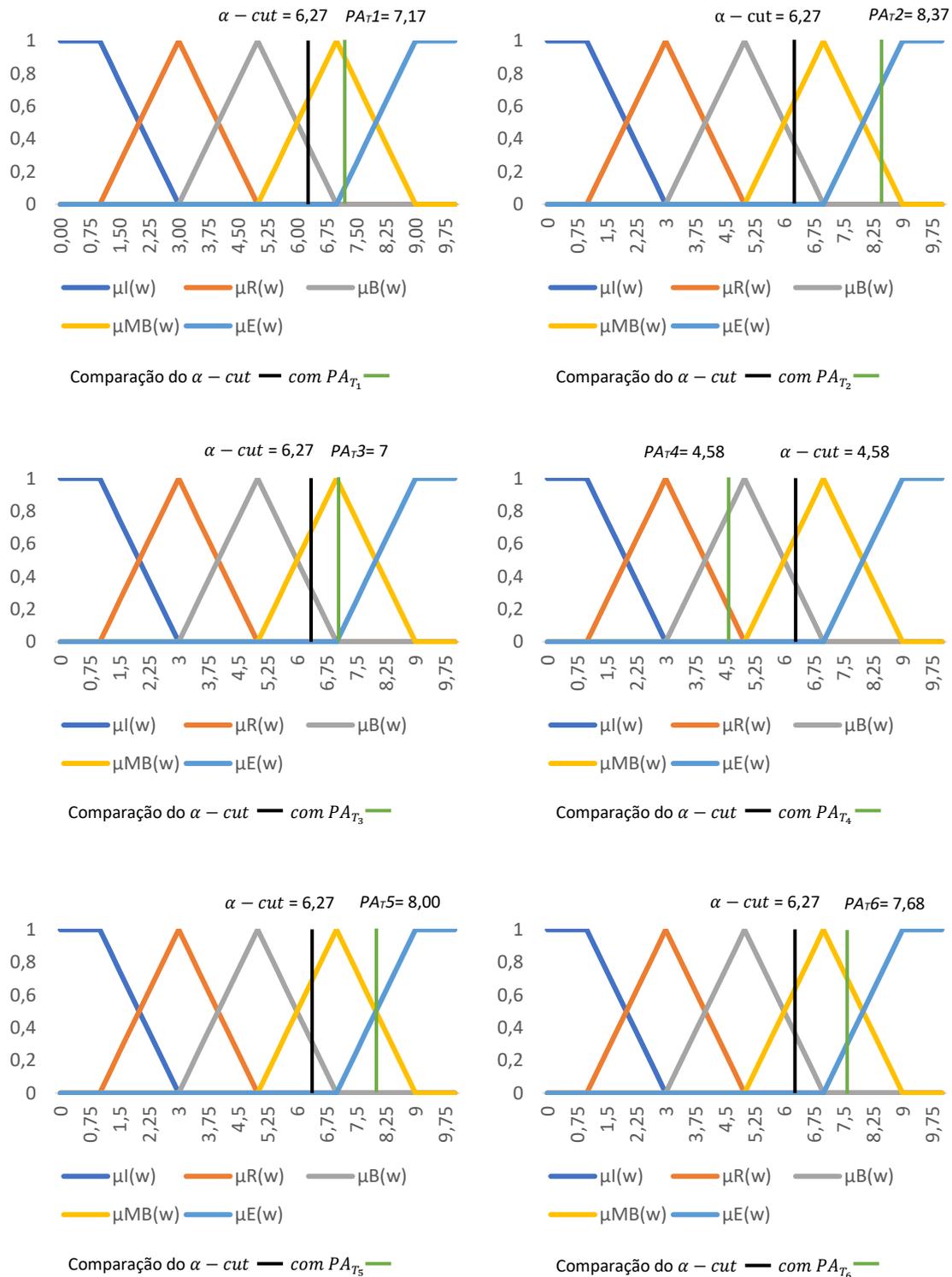
A Figura 5.3 apresenta a comparação do PA_T de cada empresa em relação ao α -cut na dimensão transporte. O PA_T4 (distribuidora de combustível - embarcadora) apresentou desempenho inferior ao α -cut 6,27, sendo classificado como insatisfatório, o grau de pertinência possui forte tendência para uma classificação “bom”, porém insuficiente para aprovação. As demais empresas apresentaram resultados satisfatórios, variando de muito bom à excelente.

A empresa PA_T2 (linhas aéreas - aeroviário) alcançou o maior nível dos requisitos, com forte tendência a “excelência”. PA_T5 (minério - ferroviário) está em um ponto de indecisão entre a classificação “muito bom” e “excelente”. PA_T6 (transporte a granel - aquático) está com a classificação “muito bom” consolidado, apresentando tendência à “excelência”. PA_T1 (bebidas - rodoviária) possui uma forte posição para classificação “muito bom”, contudo, apresentando baixa possibilidades à “excelente”, e PA_T3 (óleo e gás - gasoduto) apresenta uma forte classificação “muito bom”, sem apresentar tendência de crescimento.

A proposta era identificar se as empresas possuíam requisitos mínimos para aprovação na dimensão transporte. A avaliação foi satisfatória porque, independentemente do setor de atividade econômica, as empresas demonstraram que podem aplicar o *Triple Bottom Line* nas operações de transporte.

A lógica *fuzzy* permite avaliar as empresas, visualizando as possibilidades de evolução dos procedimentos realizados. O objetivo do diagnóstico dos dados é observar a transição de mudança entre os elementos do universo do discurso, em que a comparação entre períodos demonstre uma preocupação com o aperfeiçoamento das boas práticas sugeridas. O grau de pertinência indica as possibilidades dos requisitos mínimos para a aprovação na dimensão transporte. Percebe-se que o α -cut acima de 6,27 é uma exigência do resultado de saída dos especialistas. Essa apuração procede com a necessidade de analisar os aspectos de sustentabilidade em uma única função. Por mais que o resultado positivo de um aspecto pode enviesar o resultado negativo de outros, ainda assim, há a necessidade da gerência para executar os procedimentos dos três aspectos.

De acordo com Meulen e Kindt (2010), a variável preço possui grande força na tomada de decisão, se as empresas não realizarem investimentos nas atividades social e ambiental pertinentes a seus negócios, dificilmente obterão a certificação. Isso ocorre devido a interação dos dados em uma única nota de avaliação. Além disso, a provação dos procedimentos *in loco* pelos auditores, permite realizar o contrapeso entre as demandas externas e os requisitos mínimos interno para a certificação.



Legenda: PA_T = ponto de avaliação em transporte; μ_I = pertinência insuficiente, μ_R = pertinência regular, μ_B = pertinência bom, μ_{MB} = pertinência muito bom, e μ_E = pertinência excelente

Fonte: produção própria

Figura 5.3: Comparação entre α -cut, concedido pelos especialistas e a nota das empresas na dimensão transporte.

5.3 Resultado da dimensão Atributo PAA

A avaliação da dimensão do atributo, decorreu por meio do Q_A , classificadas na Figura 4.5, os resultados foram relacionados às boas práticas na redução de carbono demonstradas no APÊNDICE E. Os temas questionados foram: i) como as empresas medem as avaliações, ii) como são reportadas à comunidade e aos stakeholders, e iii) como são verificadas e avaliadas na empresa. O método utilizado foi a avaliação matricial, em que as respostas dos auditores x, y são apresentadas em coordenadas, atribuindo-se os pesos correspondentes conforme a Eq. 4.14.

A dimensão Atributo não possui um requisito mínimo de pontuação, contudo os auditores relataram problemas na manutenção e treinamento dos procedimentos de mitigação de carbono. As implicações nas questões de sustentabilidade são reconhecidas como atividades de gestão, logo, na concentração com a atividade operacional das empresas existiam ações hierarquizadas que estavam dissociadas das questões de transporte sustentável. A tomada de decisão poderia ser influenciada por outras questões mais sensíveis a sobrevivência financeira da empresa.

A matriz de avaliação realizou o cruzamento das informações de cada auditor. O formulário foi similar ao utilizado na dimensão transporte, contudo, a observação visual é determinante para comprovar, se as boas práticas analisadas na dimensão mandatória foram aplicadas. Na observação do relatório funcional dos funcionários, as empresas PAA2 (linhas aéreas - aeroviário) e PAA5 (minério – ferroviário) apresentaram inconsistência no registro de treinamento, alguns funcionários não obtiveram treinamento periódicos sobre métodos de redução de carbono e educação ambiental. As empresas PAA4 (distribuidora de combustível – embarcadora) e PAA1 (bebidas – rodoviária), em ambas foram observados a falta de engajamento dos critérios de avaliação, por parte da gerência e dos funcionários. As empresas PAA3 (óleo e gás – gasoduto) e PAA6 (transporte a granel - aquaviário) apresentaram os melhores resultados dos procedimentos. Essas empresas possuem como característica a concentração de negócio em suprimento na cadeia logística. De acordo com Oliveira e D’Agosto (2017), o segmento de suprimento ocorre a transferência de grandes massas e volumes, não raro por grandes distâncias, desta maneira, a acomodação de carga e a distribuição fora dos grandes centros urbanos podem ter influência determinante na avaliação da dimensão atributo.

5.4 Resultado consolidado do sistema de reconhecimento

A Tabela 5.5 demonstra a classificação do SR com os dados consolidados por empresa (EMP). A classificação ouro foi atribuída as EMP3 e EMP6, refletindo a correta aplicação das boas práticas. EMP1 e EMP2 foram classificadas como prata, na fase de desenvolvimento dos procedimentos. EMP5 foi classificado como bronze, nos estágios iniciais de mudança. EMP4 não se mostrou adequado na dimensão transporte, pois obteve pontuação insatisfatórios para o reconhecimento. Nenhuma das empresas foi elegível a platina, os auditores não encontraram procedimentos para acidentes ou contaminação da biosfera por veículos em nenhuma das empresas.

Tabela 5.5: Classificação do sistema de reconhecimento SR integrando PA_M , PA_T e PA_A

Empresa	PA_M	Pontuação máxima de 5,0			$PA_T \geq \alpha\text{-cut } 6,27$			Classificação
		Econômico	Social	Ambiental	PA_T	PA_A	SR	
EMP1	Satisfatória	4,4	3,6	4,1	7,17	6,95	7,06	Prata
EMP2	Satisfatória	4,8	4,7	4,9	8,37	4,73	6,55	Prata
EMP3	Satisfatória	3,9	4	4,6	7	7,97	7,49	Ouro
EMP4	Satisfatória	3,6	2,7	3,3	4,58	5,63	5,10	Insuficiente
EMP5	Satisfatória	4,4	4,6	4,9	8	3,63	5,81	Bronze
EMP6	Satisfatória	4,4	4,3	4,5	7,68	7,38	7,53	Ouro

Nota: Bronze, > 5 e $\leq 6,25$; Prata, $> 6,26$ e $\leq 7,25$; Ouro, $> 7,26$ e $\leq 8,75$; Platina, $> 8,76$ e 10.

Legenda: SR = sistema de Reconhecimento; PA_M = Pontuação de avaliação mandatário; PA_T = Pontuação de avaliação transporte; PA_A = Pontuação de avaliação Atributo.

Fonte: produção própria.

A EMP4 foi identificada como embarcadora que atua na distribuição de combustíveis no varejo, que detém uma grande participação no mercado brasileiro, O EMP4 não obteve pontuação suficiente para a classificação. Os resultados foram insatisfatórios e mostraram dificuldades dos embarcadores em relação à sua frota de veículos. A grande maioria das empresas prefere terceirizar o serviço, concentrando suas atividades no *core business*, desta forma, quanto maior a empresa, mais complexas são as atividades de movimentação de cargas, exigindo muito esforço na gestão dos recursos especializados (PFOHL *et al.*, 2014; BOURLAKIS E BOURLAKIS, 2005; HOSIE *et al.*, 2012; GATTORNA, 1998). A EMP4 possui um programa de carbono zero para todas as atividades da empresa, tendo os créditos de carbono como eixo principal, porém, as atividades de transporte não obtiveram um bom desempenho. Em 2019, houve aumento de 18,34% nas emissões de CO₂, 1,2% no consumo de água e 7,21% nos resíduos sólidos.

EMP5 obteve classificação bronze, sendo responsável pelo transporte de minério. Os vagões foram protegidos por tampas para evitar derramamento da carga, embora os auditores tenham identificado problemas com poluição por poeira de minério em comunidades próxima ao depósito de minério e no mar. A mineradora desenvolveu um programa de substituição de veículos a diesel por elétricos, com o objetivo de reduzir em 33% as emissões de carbono da empresa nos próximos 10 anos. Na primeira fase, foram adquiridos 50 caminhões elétricos e autônomos com capacidade de 240 toneladas, onde o peso e a velocidade são controlados por inteligência artificial, por meio de um sistema de minimização de emissões, reduzindo 1.500 toneladas de CO₂. A próxima fase do projeto será a eletrificação de parte do trecho de 2.000 km da ferrovia, pois os terminais estão sendo integrados sem a necessidade de transbordo de mercadorias, o processo de transferência ocorrerá de forma automatizada por engate dos vagões.

As EMP1 e EMP2 pertencem aos setores de bebidas e linhas aéreas, respectivamente, ambas obtiveram a classificação prata. A EMP1 desenvolveu um programa de transporte limpo que reduziu 1,8 milhão de litros de água para a lavagem de veículos, 50% dos óleos usados foram transformados em combustíveis alternativos, reduzindo as emissões em 141.000 toneladas de CO₂. A eficiência no consumo de energia móvel foi de 10,47%, reduzindo de 83,25 para 74,53 km/GJ. A EMP2 obteve a maior nota na dimensão transporte, por meio do programa de eficiência de combustível conseguiu reduzir em 1,2% o consumo de galões de querosene de aviação por tonelada-quilômetro voada, houve uma redução de 298.184 toneladas de emissões de CO₂. Cerca de 83% dos resíduos gerados foram reciclados, o restante incinerado.

As EMP3 e EMP6 são dos setores de dutoviário e aquático, respectivamente, ambas obtiveram classificação ouro. A EMP3 obteve maior pontuação na dimensão atributo, o deslocamento por duto causa baixo dano ambiental, em grande parte fica subterrâneo, permitindo o reflorestamento de áreas degradadas. Ações de sustentabilidade permitiram a redução de 108 milhões de litros de combustível e 286 mil toneladas de CO₂. O resultado foi alcançado com a implementação de dutos em aeroportos, consumindo 30% menos combustível para entregar nas aeronaves, bem como no redirecionamento a nível nacional do transporte por caminhões-tanque para os dutos em cerca de 9,2 milhões de metros cúbicos de combustível. A EMP6 foi responsável por transportar grande volume de mercadorias em longas distâncias, o que aumenta a eficiência energética, permitindo

menos CO₂ por tonelada. A substituição por caminhões de maior capacidade e replanejamento de rotas, bem como o redirecionamento de parte da carga para ferrovias, hidrovias e dutos, permitiu a redução de 174 milhões de litros de combustível ou a emissão de 464 mil toneladas de CO₂.

O resultado demonstrou a importância de uma avaliação multinível com foco nos aspectos de sustentabilidade em transporte. A pressão da comunidade não se limita apenas à produção do produto, mas ao modo como as emissões da cadeia produtiva interferem na qualidade de vida. A certificação tornará mais acessível ao consumidor avaliar a origem dos produtos e a responsabilidade das empresas com o meio ambiente.

5.5 Processo de revalidação

O processo de revalidação segue os mesmos princípios do sistema de reconhecimento, porém todo processo é orientado a cada 2 anos da última certificação, em caso de não creditação, a empresa avaliada poderá solicitar uma nova auditoria atemporal no intervalo de 6 meses. Sabendo que, a empresa certificada por outra entidade, não exclui a necessidade de executar todo o procedimento da certificação.

A aplicação do método para mensurar os impactos da implantação de procedimento *ex-ante* e *ex-post*, destaca-se a utilização do BAU (*business as usual*) que consiste na observação da funcionalidade tradicional por um período tempo. Logo, após o mapeamento dos dados, aplica-se o novo procedimento, comparando os dois períodos e suas relações, entre o antes e depois (YAMABE *et al.*, 2014 e OLIVEIRA e D'AGOSTO, 2017). O processo de geração dos dados é importante para verificar a evolução dos procedimentos de certificação e o monitoramento das conformidades proposta pelo SR. Esse procedimento é comumente utilizado para verificar as mudanças nas emissões de gases e elaborar novos planejamentos na tomada de decisão.

Segundo Füssler (2016), o ponto de partida é a criação de uma linha de base (*baseline*) que consiste nas práticas e procedimento tradicionais, deve utilizar parâmetro de monitoramento para acompanhar as mudanças, e identificar as diferenças entre as boas práticas aplicadas. O BAU demanda de acompanhamento para apontar as principais mudanças econômicas, aumento da população, custos logísticos entre outros. Uma

abordagem comum é analisar as tendências históricas (lineares ou algoritmos) e projetar os parâmetros de desenvolvimentos no futuro.

O processo de definição da linha de base, usando projeções, está sujeito a um grande número de entradas, abordagens técnicas e premissas, bem como os aspectos que estão sujeitos a influências políticas. Prospecção dos resultados implicam em incertezas que devem ser mitigadas. A sensibilidade entre os períodos é uma forma de avaliar os impactos das mudanças, por isso, deve reunir um elenco de informações confiáveis entre as partes interessadas, assim como um banco de dados disponível.

6. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A evolução do conceito de logístico sustentável iniciou-se a 50 anos, de maneira incipiente rodeado de conflitos relacionados e custos de transporte, tempo de deslocamento, volume transportado e velocidade de entrega. Entre os aspectos de sustentabilidade, decididos no documento *Our Common Future* na *Brundtland Commission* em 1987, a atividade econômica sempre foi a solução e ao mesmo tempo obstáculo para a implantação do transporte verde. Deve-se destacar que o *trade-off* entre os aspectos ambiental e econômico avançaram junto, por pressão dos consumidores ou regulamentação governamental, desenvolvendo solução mútuas, e mais recentemente, as empresas estão direcionando parte dos seus esforços para as questões sociais.

O aperfeiçoamento do conceito de logística reversa para logística sustentável, envolveu vários caminhos como redução do número de viagens, eficiência na motorização, descarte adequado dos resíduos, distribuição da carga e redução dos poluentes atmosféricos e dos gases de efeito estufa. As mudanças aconteceram provenientes de maior participação da sociedade, exercendo pressão para redução das emissões e aumento de atitudes de sustentabilidade nas operações de transporte. A transição do transporte, meramente como fonte intermediária nas entregas, para uma observação protagonista das reduções das emissões, é importante, uma vez que o setor é responsável por 23% das emissões de CO₂ relacionado a energia no mundo.

O monitoramento das emissões, ao longo do tempo, está associado com a necessidade de comparar os impactos através de medidas ou indicadores. Percebe-se que a decisão em reduzir as emissões podem ser alcanças por meio da autorregulação. Neste trabalho, optou-se pela associação das empresas para juntas desenvolverem regras rígidas para redução das emissões, sejam de partículas ou de gases. A eficiência nesse modelo está direcionada a maior participação do consumidor na fiscalização, o aspecto econômico que antes era uma barreira, passa ser vetor de crescimento com o ganho de escala. A visualização do comportamento empresarial por parte do consumidor, se torna permanente, pois o aumento da consciência ambiental, e conseqüentemente, as ações sociais em torno do negócio, aumentam a percepção da sociedade em consumir produtos de empresas que se preocupam com o meio ambiente.

A importância do sistema de reconhecimento é utilizada para alinhar as ações de sustentabilidade em transporte de carga, de maneira a comparar os indicadores e ações nas operações. As empresas que obtiveram pontuação mínimas dos requisitos são elegíveis a certificação, com o propósito de aumentar o contato visual entre empresa e sociedade. Observa-se que a transição para o transporte sustentável ocorre com projeto de implantação, desenvolvimento e monitoramento das boas práticas. Logo, o reconhecimento foi planejado para avaliar as ações dos especialistas no ambiente externo, e as condutas das empresas no ambiente interno.

Para o alcance dos resultados, o sistema de reconhecimento foi dividido em três dimensões: i) mandatório, que exige o cumprimento de todos os procedimentos para aprovação, realizado através de questionário específico com 45 perguntas; ii) transporte, realizado através da lógica *fuzzy* em questionário contendo 10 perguntas para cada aspecto de sustentabilidade com possibilidade fornecida pelos especialistas, exigindo pontuação mínima para aprovação; e iii) atributo, verificação dos procedimentos de boas práticas aplicadas em sustentabilidade nas empresas, esse procedimento foi realizado através de auditores externos, não exigindo pontuação mínima para aprovação.

Na dimensão mandatória, os auditores verificaram as formalidades dos requisitos em lei e os procedimentos básicos para a certificação. Todas as empresas avaliadas foram aprovadas. Como essa dimensão tem a finalidade de verificar a legalidade dos procedimentos, percebe-se que houve maior comprometimento das gerências nas ações para o bom funcionamento das operações em transporte.

A dimensão transportes tem o propósito de avaliar o nível enquadramento das empresas em transporte sustentável através da *triple bottom line*. A avaliação realizada pelos especialistas exige um α -cut de 6,27, de maneira que, a exigência de aprovação é o preenchimento de no mínimo 68% dos requisitos propostos. Os especialistas externos foram formados por acadêmicos, gerentes nas áreas ambientais e analistas entre os modos de transporte. Entre as empresas analisadas, representadas por cada modo de transporte, a embarcadora (distribuidora de combustível) com pontuação 4,28, foi classificada como insatisfatório. Deve-se ao fato, as empresas que não possuem o transporte como *core business* tem maiores dificuldade na transição. As demais empresas pontuaram acima do mínimo necessário para aprovação da dimensão transporte.

A dimensão atributo demonstrou a importância do monitoramento de boas práticas na atividade operacional e a relevância de um plano de contingência em caso de acidentes e danos ambientais, pois nenhuma das empresas avaliadas apresentaram treinamento específico para os funcionários em caso de acidentes químicos em transporte.

A aplicação do SR foi satisfatória, pois demonstrou maior equilíbrio na distribuição dos pesos, amplitude com a utilização do *triple bottom line* e esforço das empresas na transição para o transporte sustentável. Entre as seis empresas analisadas, cinco obtiveram o reconhecimento do TCS. EMP3 (óleo e gás – dutoviário) e EMP6 (transporte a granel – aquático), classificadas em ouro, refletiram a correta aplicação das boas práticas. A EMP1 (bebidas – rodoviário) e EMP2 (linhas aéreas – aeroviário), classificadas em prata, na fase de desenvolvimento dos procedimentos. EMP5 (minério – ferroviário), classificada em bronze, nos estágios iniciais de mudança. EMP4 (distribuição de combustíveis – embarcadora), não se mostrou adequado na dimensão transporte e obteve pontuação insatisfatória para o reconhecimento.

As empresas, com negócio principal em transporte de carga, mostraram um maior engajamento para mudança organizacional, pois a competitividade e a forte pressão dos clientes estão acelerando a transição para o transporte sustentável. A certificação é utilizada para escalonar as empresas que possuem práticas ambientais, de maneira que, se sintam incentivadas através do rótulo a melhorar o desempenho ao um nível superior. A visualização da marca apresenta comunicação mais rápida entre as empresas e o consumidor, conectando os esforços das empresas em reduzir os danos ao meio ambiente, e os anseios da sociedade por melhor qualidade de vida.

A tese apresentou limitações em avaliar todos os modos de transporte em uma única avaliação, duas suposições são importantes: i) o processo de reconhecimento não tem caráter intervencionista, logo o processo de mudança é tipicamente um processo gerencial, ii) ainda que seja holística, testar o sistema de reconhecimento por modo de transporte, respeitando as características e suas diferenciações poderá alcançar melhores resultados.

O resultado sugere para estudos futuros o desenvolvimento de procedimentos que identifiquem as barreiras que dificultam o monitoramento das empresas na neutralização das emissões de carbono, e como esse processo de transição afeta transportadores e embarcadores de diferentes formas, ainda propõem, testar o sistema de reconhecimento por modo de transporte, respeitando as características e suas diferenciações.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ABUZO, A. A., MUROMACHI, Y. Fuel Economy of Ecodriving Programs: Evaluation of Training and Real-World Driving Applications in Manila, Philippines, and in Tokyo. **Transportation Research Record**. 2014.
- AHI, P., SEARCY, C. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. **J. Clean. Prod.** 52 (1), 329 - 341. 2013.
- ALZAMAN, C. Green supply chain modelling: literature review. **Int. J. Bus. Perform. Supply Chain Model** 6 (1), 16 – 39. 2014.
- AMIN, S. H., ZHANG, G. Closedeloop supply chain network configuration by a multieobjective mathematical model. **Int. J. Bus. Perform. Supply Chain Model** 6 (1), 1 – 15. 2014.
- ANDERSON, L. *et al.* Eco-labeling motorcoach operators in the North American travel tour industry: analyzing the role of tour operators. **Journal of Sustainable Tourism**, Vol. 21, No. 5, 750–764. 2013. <https://doi.org/10.1080/09669582.2012.709859>.
- ANDERSON, L. *et al.* Ecolabels for Passenger Transportation: Understanding Motorcoach Company Receptiveness to a Pilot Green Certification Program. **International Journal of Sustainable Transportation**, 7:125–142. <https://doi.org/10.1080/15568318.2011.626889>.
- ARAÚJO, M. P. S., BANDEIRA, R. A. M., CAMPOS, V. B. G. Custos e fretes praticados no transporte rodoviário de cargas: uma análise comparativa entre autônomos e empresas. **Journal of Transport Literature** 8, n. 4. 2014.
- ARMITAGE, A. **Report of the Inquiry into Lorries, People and the Environment**, HMSO, London. 1980.
- ARVIDSSON, N., WOXENIUS, J., LAMMGA, C. Review of Road Hauliers Measures for Increasing Transport Efficiency and Sustainability in Urban Freight Distribution. **Transport Reviews**, v. 33, n.1, p. 107-127, 2013.
- BAJEC, P. Do ISO standards favour logistics provider efficiency, competitiveness and sustainability? A Slovenian perspective. **The International Journal of Logistics Management** 26 n. 2. 275-295. 2014.
- BALLOU, R. H. (2004). **Logística. Administración de la cadena de suministro**. Pearson Educación, Quinta edición. México, 2004.
- BARKENBUS, J. N. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. **Energy Policy** 38, no. 2. 2010.
- BARRATT, M. Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. **Supply Chain Management: an international journal**, v. 9, n. 1. 2004.
- BARTH, M., BORIBOONSOMSIN, K. Real-world carbon dioxide impacts of traffic congestion. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board** 2058. 163-171. 2008.
- BECHEIKH, N., LANDRY, R., AMARA, N. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. **Technovation** 26, 644–664. 2006.

- BENNATHAN, E., FRASER, J., THOMPSON, L. S. **What determines demand for freight transport.** Working paper WPS 998. Infrastructure and Urban Development Department. World Bank, Washington, DC. 1992.
- BESKE, P. NOFOMA dynamic capabilities and sustainable supply chain management. **Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.** 42 (4), 5 - 25. 2012.
- BJÖRKLUND, M. Influence from the business environment on environmental purchasing – drivers and hinders of purchasing green transportation services. **Journal of Purchasing and Supply Management** 17, No. 1, pp.11–22. 2011.
- BLACK, W. R. Sustainable transport and potential mobility. **Eur. J. Trans. Infrastruct. Res.** 2 (3–4), 179–196. 2002.
- BLEIJENBERG, A. **Freight Transport in Europe: In search of a sustainable course.** Centrum voor Energiebesparing en schone technologie (CE). Delft. 1996.
- BÖHLER-BAEDEKER, S., HÜGING, H. **Urban Transport and Energy Efficiency. Module 5h.** Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. GIZ. 2012.
- BOURLAKIS, C.; BOURLAKIS, M. Information technology safeguards, logistics asset specificity and fourth-party logistics network creation in the food retail chain. **J. Bus. Ind. Mark** 20, 88–98. 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/08858620510583687>.
- BOWERSOX, J. D., CLOSS, D. J., COOPER, M. B. **Supply chain logistics management.** McGraw-Hill Irwin series operations and decision sciences. 2002.
- BROTONS, J.M., SANSALVADOR, M.E. A fuzzy model for the valuation of quality management system. **Kybernetes** 46 Iss 1 pp. 157 - 171. 2017. <http://dx.doi.org/10.1108/K-06-2016-0134>.
- BÜYÜKÖZKAN, G., FEYZIOĞLU, O., GÖÇER, F. Selection of sustainable urban transportation alternatives using an integrated intuitionistic fuzzy Choquet integral approach. **Transportation Research Part D** 58, 186–207. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.005>.
- CALDERWOOD, E., FREATHY, P. Consumer mobility in the Scottish isles: The impact of internet adoption upon retail travel patterns. **Transportation Research Part A: Policy and Practice** 59. 2014.
- CAPUTO, M., MININNO, V. Configurations for logistics co-ordination. A survey of Italian grocery firms. **Int J Phys Distrib Logist Manage** 28(5):349–376. 1998.
- CAPUTO, M., MININNO, V. Internal, vertical and horizontal logistics integration in Italian grocery distribution. **Int J Phys Distrib Logist Manage** 26(9):64–90. 1996.
- CARTENÌ, A.; CASCETTA, F.; CAMPANA, S. Underground and ground-level particulate matter concentrations in an Italian metro system. **Atmos. Environ.** <https://doi.org/10.19177/rgsa.v2e12013250-264>.
- CASTKA, P. Modelling firms' interventions in ISO 9001 certification: a configurational approach. **International Journal of Production Economics.** 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.05.005>.
- CAULFIELD, B. Does it pay to work from home? Examining the factors influencing working from home in the Greater Dublin Area. **Case Studies on Transport Policy** v 3, Issue 2, pp 206-14. 2015.

- CAULFIELD, B., AHERN, A. The green fields of Ireland: The legacy of Dublin's housing boom and the impact on commuting. *Case Studies on Transport Policy* 2, n. 1. 2014.
- CEL/COPPEAD - Centro de Estudos em Logística/Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. **Custos Logísticos no Brasil**. 2006.
- CHAPPIN, M.M.H. *et al.* Internalizing sustainable practices: a configurational approach on sustainable forest management of the Dutch wood trade and timber industry. **J. Clean. Prod.** 107, 1-15. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.087>.
- CHEN, L., REN, J. Multi-attribute sustainability evaluation of alternative aviation fuels based on fuzzy ANP and fuzzy grey relational analysis. **Journal of Air Transport Management** 68, 176–186. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.10.005>.
- CHOI, B. LA, S. The impact of corporate social responsibility (CSR) and customer trust on the restoration of loyalty after service failure and recovery. **The Journal of Services Marketing** 27, No. 3, pp.223–233. 2013.
- CHRISTOFI, A., CHRISTOFI, P., SISAYE, S. Corporate sustainability: historical development and reporting practices. **Management Research Review** 35, No. 2, pp.157–172. 2012.
- CINTRA, M. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas FGV-EESP. 2014.
- CLARKE M, OXMAN AD, editors. **Cochrane Reviewers' Handbook 4.1** [updated June 2000]. In: Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 4.1. Oxford, England: The Cochrane Collaboration, 2000.
- MAGAÑA, V.C., MUÑOZ ORGANERO, M. **Reducing Stress and Fuel Consumption Providing Road Information, in Ambient Intelligence**. Software and Applications, Advances in Intelligent Systems and Computing: 6th International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI) Volume: 376. 2015.
- CROSSON, C. Shades of Green: modifying Sustainability rating Systems for transit center functionality. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n. 2638, pp. 88–96. 2017. <https://doi.org/10.3141/2638-10>.
- CRUIJSSEN, F., COOLS, M., DULLAERT, W. Horizontal cooperation in logistics; opportunities and impediments. **Transportation Research E: Logistics and Transportation Review**. 46(3). pp. 129-142. 2007.
- D'AGOSTO, M. A. **Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória** – 1.ed. – Rio de Janeiro. Elsevier. 2015.
- DESAI, P. LOKE, S. W., DESAI, A. Cooperative vehicles for robust traffic congestion reduction: An analysis based on algorithmic, environmental and agent behavioral factors. **PLoS one**, v. 12, n. 8. 2017.
- DI MARTINO, V., WIRTH, L. Telework: A new way of working and living. **Int'l Lab. Rev.**, v. 129. 1990.
- DIW, IFEU, IVA/HACON. **Reduction of Air Pollution and Noise from Long Distance Freight Transport by the Year 2010**. Research project no 104 04 962, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Berlin. 1994.
- EBELING C. W. **Integrated Packaging Systems for Transportation and Distribution**. Marcel Dekker, New York. 1990.

- ECORYS. **Exchange of Good Practice in Foreign Direct Investment Promotion: A Study Carried Out Under the Framework**. Contract ENTR/2009/033. 2013.
- ELKINGTON, J. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone. 1997.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. Rio de Janeiro, 2015.
- ENCINAS, F., AGUIRRE, C., MARMOLEJO-DUARTE, C. Sustainability Attributes in Real Estate Development: Private Perspectives on Advancing Energy Regulation in a Liberalized Market. **Sustainability** 10, 146. 2018. <https://doi.org/10.3390/su10010146>.
- EPA - United States Environmental Protection Agency. **History of Reducing Air Pollution from Transportation in the United States**. Disponível em: < <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/accomplishments-and-success-air-pollution-transportation> > Acesso em :06/03/2019.
- EUROPEAN COMMISSION. **COST 321: Urban goods transport – final report of the Action Directorate General Transport, European Commission**, Brussels. 1998.
- FAHIMNIA, B., JABBARZADEH, A. Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. **Transportation Research Part E** 91, 306–324. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.007>.
- FARIA, A. C., COSTA, M. F. G. **Gestão de Custos Logísticos**. São Paulo: Atlas. 2005.
- FDC, Fundação Dom Cabral. Custos Logísticos no Brasil, Núcleo de Logística, Supply Chain e Infraestrutura, 2017.
- FILIPPO, S. RIBEIRO, P. C. M., RIBEIRO, S. K. A Fuzzy Multi-Criteria Model applied to the management of the environmental restoration of paved highways. **Transportation Research Part D** 12, 423–436. 2007.
- FLIEDNER, G. **Sustainability: a new lean principle**. In: Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, Baltimore, Maryland, pp. 3321 - 3326. 2008.
- FROLICK, M. *et al.* Using EISs for environmental scanning Information. **Systems Management** 14 (1), P 35-40. 1997.
- FUNDAÇÃO DOM CABRAL - FDC. **Custos logísticos no Brasil**. Núcleo de Logística, Supply Chain e Infraestrutura. 2017.
- FÜSSLER, J. *et al.* **Reference Document on Measurement, Reporting and Verification in the Transport Sector**. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2016.
- GALLASTEGUI, I. The use of eco-labels: a review of the literature. **Eur. Environ.** 12, 316-331. 2002. <https://doi.org/10.1002/eet.304>.
- GARCÍA-ÁLVAREZ, A., PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J., GONZÁLEZ-FRANCO, I. Energy consumption and carbon dioxide emissions in rail and road freight transport in Spain: a case study of car carriers and bulk petrochemicals. **J. Intel. Transport. Syst.: Technol. Plan. Oper.** 17 (3), 233–244. 2013.
- GATTORNA, J. **Strategic Supply Chain Alignment: Best Practice in Supply Chain Management**. Gower Publishing Ltd.: Aldershot, UK. 2018.

- GATTUSO, D., PELLICANÒ, D. S. Advanced methodological researches concerning ITS in freight transport. **Procedia-Social and Behavioral Sciences** 111. 2014.
- GEROLAMO, M. C. *et al.* Quality and safety management systems: joint action for certification of small firms in an industrial cluster in Brazil. **South African Journal of Industrial Engineering** 25(1). 190-203. 2014.
- GOLOB, T. F., REGAN, A. C. Impacts of information technology on personal travel and commercial vehicle operations: research challenges and opportunities. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies** 9. n. 2. 2001.
- GONZÁLEZ, P., SARKIS, J. ADENSO-DÍAZ, B. Environmental management system certification and its influence on corporate practices: Evidence from the automotive industry. **International Journal of Operations & Production Management** 28 n. 11. 1021-1041. 2008.
- GOVINDAN, K. *et al.* Impact of supply chain management practices on sustainability. **J. Clean. Prod.** 85, 212-225. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.068>.
- GOYAL, S., ROUTROY, S. Analyzing environment sustainability enablers using fuzzy DEMATEL for an Indian steel manufacturing company. **Journal of Engineering, Design and Technology** 1726-053. 2018. <http://dx.doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0033>.
- GRECCO, C. H. S.; VIDAL, M. C.; CARVALHO, P. V. R. **Using fuzzy set theory to model resilience in safe-critical organizations**. 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics – AHFE 2012, San Francisco, California, USA. 2012.
- GREEN, J. E. CAEP/9-agreed certification requirement for the Aeroplane CO2 Emissions Standard: a comment on ICAO Cir 337. **The Aeronautical Journal** 120 n. 1226. 2016.
- GUDEHUS, T., KOTZAB, H. **Comprehensive Logistics**. Springer Heidelberg Dordrecht. Second Revised and Enlarged Edition. 2011.
- HAHN, T. *et al.* Trade-offs in corporate sustainability: You can't have your cake and eat it. **Business Strategy & the Environment** 19(4), 217-229. 2010.
- HAIR JUNIOR *et al.* **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 471p. 2005.
- HALE, M. Ecolabelling and cleaner production: principles, problems, education and training in relation to the adoption of environmentally sound production processes. **J. Clean. Prod.** 4 (2), 85-95. 1996. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(96\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00026-1).
- HARRIS, I. *et al.* The impact of alternative routeing and packaging scenarios on carbon and sulphate emissions in international wine distribution. **Transportation Research Part D** 58. 261 – 279. 2018.
- HAYES, B. **Metrical Stress Theory: Principles and Case Studies**. The University of Chicago Press. pp. xv +455. Chicago.
- HEY, C. *et al.* **Dead end road**. Eures/Greenpeace. Freiburg. 1992.
- HOLMAN, C. **The Greening of Freight Transport in Europe**. Report 96/12. European Federation of Transport and Environment, Brussels. 1996.
- HOLMEN, B. A., NIEMEIER, D. A. **Air quality: in handbook of transport and the environment**. Ed Hensher, D. A., Button, K J. Elsevier, Amsterdam. 2003.

- HONG, T.; LEE, C. Induction of fuzzy rules and membership functions from training examples. **Fuzzy Sets and Syst.** 84, n. 1, p. 33 – 47, 1996.
- HORA, H. R. M.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. (2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. **Produto & Produção**, v.11, n.2, p.85-103.
- HOSIE, P.; SUNDARAKANI, B.; Tan, A.W.K.; KOZLAK, A. Determinants of fifth party logistics (5PL): Service providers for supply chain management. **Int. J. Logist. Syst. Manag** 13, 287–316. 2012. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2012.049700>.
- IBARRA-ESPINOSA, S. *et al.* High spatial and temporal resolution vehicular emissions in south-east Brazil with traffic data from real-time GPS and travel demand models. **Atmospheric Environment**, 222, 117 – 136, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117136>.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Energy Efficiency Indicators Highlights**. International Energy Agency. 2016.
- ISLAM, M. *et al.* Assessing green supply chain practices in Bangladesh using fuzzy importance and performance approach. **Resources, Conservation & Recycling** 131, 134–145. 2018.
- IYER, A., V. **Supply Chain Logistics and Applications**. Business Expert Press. 2013.
- JARAŠUNIENE, A. Research into intelligent transport systems (ITS) technologies and efficiency. **Transport** 22 (2), 61–67. 2007.
- JEON, C.M., AMEKUDZI, A. A., GUENSLER, R.L. Evaluating Plan Alternatives for Transportation System Sustainability: Atlanta Metropolitan Region. **International Journal of Sustainable Transportation** 4 (4): 227–247. 2010. <https://doi.org/10.1080/15568310902940209>.
- JIMENEZ, V. P. G., GARCÍA, M. J. F. Simple Design of Wireless Sensor Networks for Traffic Jams Avoidance. **Journal of Sensors** ID 380794. 2015.
- KAEWPUANG, R. *et al.* Cooperative Management in Full-Truckload and Less-Than-Truckload Vehicle System. **IEEE Transactions on Vehicular Technology** 66(9), 5707 – 5722. 2017. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2646459>.
- KALEDINOVA, E. *et al.* Learning from experiences in sustainable transport practice: green freight europe and the implementation of a best cases database. **LogForum** 11 (1), 78- 86. 2015. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2015.1.7>.
- KINRA, A. Environmental complexity related information for the assessment of country logistics environments: Implications for spatial transaction costs and foreign location attractiveness. **Journal of Transport Geography** 43. 36 - 47 2015.
- KOSTOVA, T., ROTH, K. Adoption of an organizational practice by subsidiaries of multinational corporations: institutional and relational effects. **Acad. Manag. J** 45, 215-233. <https://doi.org/10.2307/3069293>. 2002.
- KRAATZ, M.S., BLOCK, E.S. **Organizational implications of institutional pluralism**. In: Greenwood, R., Oliver, C., Sahlin, K., Suddaby, R. (Eds.), *The Sage Handbook of Organizational Institutionalism*. Sage, London, pp. 243-275. 2008. <http://dx.doi.org/10.4135/9781849200387.n10>.
- LEPAGE, A. The quality of life as attribute of sustainability. **The TQM Journal** 21, n. 2, 105-115. 2009. <http://dx.doi.org/10.1108/17542730910938119>.

- LEW, J. B., ANDERSON, J. L., MUENCH, S. T. Informing Roadway Sustainability Practices by Using Greenroads Certified Project Data. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board** 2589. 1–13. 2016.
- LI, H.X. Probability representations of fuzzy systems, **Sci. China Ser. F** 49, 339–363. 2006. <https://doi.org/10.1007/s11432-006-0339-9>.
- LIEDTKA, S. L. Analytic Hierarchy process and multi-criteria performance management systems. **Cost Management** 19, n. 6, p. 30-38. 2005.
- LOCKAMY, A. A conceptual framework for assessing strategic packaging decisions. **The International Journal of Logistics Management**, v. 6, n. 1. 1995.
- LORD, F. M., NOVICK, M. R. **Statistical Theories of Mental Test Scores**. Addison-Wesley, Menlo Park. 1968.
- LUIJT, R. S. *et al.* 5 years of Dutch eco-driving: Managing behavioural change. **Transportation Research Part A: Policy and Practice** 98. 46 - 63. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.019>.
- LUO, K., XU, Y., CAO, Y. The Optimal Tenement Allocation for Reducing Traffic Burden. **Journal of the Operations Research Society of China** 4, no. 2. 2016.
- MA, L. *et al.* An eco-innovative framework development for sustainable consumption and production in the construction industry. **Technological and Economic Development of Economy**, 25(5): 774–801. 2019 <https://doi.org/10.3846/tede.2019.10293>.
- MAIBACH, C. M. *et al.* **Handbook on estimation of external costs in the transport sector: Produced within the study Internalisation Measures and policies for All external Cost of Transport**. Delft. CE. 2008.
- MALONI, M. J., BROWN, M. E. Corporate Social Responsibility in the Supply Chain: An Application in the Food Industry. **Journal of Business Ethics** 68 (1): 35-52. 2006.
- MARTINS, V. *et al.* Factors controlling air quality in different European subway systems. **Environ. Res.** 146, 35–46. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.007>.
- MATTHIENSEN, A. **Uso do coeficiente alfa de Cronbach em avaliações por questionários**. Boa Vista: EMBRAPA. 2011.
- MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle: Remaking the Way we Make Things**. New York, N.Y. North Point Press. 2002.
- MCKINNON, A., 2010. Green logistics: the carbon agenda. **LogForum** 6 (3), 1–9.
- MEULEN, S. J. Van der., KINDT, M. R. J. **Duurzame logistiek: met welke verladerseisen worden logistieke dienstverleners geconfronteerd**. ING, Amsterdam, The Netherlands. 2010.
- MEYER, M. W. **Rethinking Performance Measurement: Beyond the balanced Scorecard**. Cambridge University Press. 2002.
- MIJALSKA-SZEWCZAK, I., STOMA, M. Systemy telemetryczne zarządzania flotą pojazdów w przedsiębiorstwie transportowo-spedycyjnym w badaniach wczasnych. **Logistyka**, łańcuch dostaw. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. PTZP, Opole, pp. 489–498. 2012.
- MILLER, T. **Supply Chain Frameworks: A Constant in the Midst of Change**. In: Supply chain management and logistics: innovative strategies and practical solutions. Liang, Z. Taylor & Francis Group. 2016.

- MIN, H., GALLE, W. P. Green purchasing practices of US firms. **International Journal of Operations & Production Management** 21, Nos. 9/10, pp.1222–1238. 2001.
- MURALI, P., ORDÓÑEZ, F., DESSOUKY, M. M. Modeling strategies for effectively routing freight trains through complex networks. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies** 70. 2016.
- MUSETESCU, R. Competition policy: between economic objectives and social redistribution. **Economics & Sociology** 5, No. 2a, pp.115–124. 2012.
- NOLASCO, D.H.S. **Arquitetura Fuzzy Hierárquica com Defuzzificação Adicional de Camadas e Aplicações ao Diagnóstico de Qualidade da Energia Elétrica**. 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2019.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- ÖBERG, M. *et al.* Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. **Lancet**, 8; 377(9760):139-46. 2011. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61388-8.
- OLIVEIRA, C. e D'AGOSTO, M. **Reference Guide on Sustainability**. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável, Rio de Janeiro, 2017.
- OUM, T. H., PARK, J. Multinational firms' location preference for regional distribution centers: focus on the Northeast Asian region. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 40, n. 2. 2004.
- PARTNERSHIP ON SUSTAINABLE, LOW CARBON TRANSPORT – SloCaT. **Tracking Trends in a Time of Change: The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation**. Transport and Climate Change Global Status Report – 2nd edition. 2021.
- PARTNERSHIP ON SUSTAINABLE, LOW CARBON TRANSPORT – SloCaT. **Transport and Climate Change**. Global Status Report. 2018.
- PASTOWSKI, A. **Decoupling Economic Development and Freight for Reducing its Negative Impacts**. Wupperthal paper no 78. Wupperthal Institute for Climate, Environment and Energy. 1997.
- PETERS, A. H. Clawbacks and the Administration of Economics Development Policy in The Midwest. **Economic Development Quarterly** 7 (4). 1993.
- PETERSON, R. A. A Meta-Analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. **Journal of Consumer Research** 21(2), 381. 1994.
- PETROVA, A. K. Methods and Algorithms of Decision Making Support in the Process of Experts' Qualification Evaluation for the Completion of Centers of Professional Certification. **IEEE**, 978(1). 5386-0777-0. 2017. <https://doi.org/10.1109/CTSUS.2017.8109575>.
- PFOHL, H. *et al.* **4th Party Logistics—Chancen und Herausforderungen**. Darmstadt Technical University: Darmstadt, Germany. 2014.
- PLOWDEN, S., BUCHAN, K. **A New Framework for Freight Transport, Civic Trust**. London. 1995.
- QI, H. *et al.* Tracing road network bottleneck by data driven approach. **PloS one** 11, no. 5. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156089>.

- QUACK, H. Improving urban freight transport sustainability by carriers - Best practices from The Netherlands and the EU project CityLog. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 39, 158-171, 2012.
- RAO, R.V. A decision-making framework model for evaluating flexible manufacturing systems using digraph and matrix methods. **Int J Adv Manuf Technol.** 30: 1101–1110. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0150-6>.
- REN, F., KWAN, M. The impact of geographic context on e-shopping behavior. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 36, n. 2. 2009.
- REN, J., LÜTZEN, M. Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under uncertainties. *Transportation Research Part D* 40, 43–60. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.012>.
- RESEARCH AND INNOVATION ROADMAPS - ERTRAC. **Sustainable Freight System for Europe Green, Safe and Efficient Corridors**. Version May 26. 2011.
- REX, E.; BAUMANN, H. Beyond ecolabels: what green marketing can learn from conventional marketing. **J. Clean. Prod.** 15, 567-576. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.013>.
- RODRÍGUEZ-ESCOBAR, J.A.; GONZALEZ-BENITO, J.; MARTÍNEZ-LORENTE, A.R. An analysis of the degree of small companies' dissatisfaction with ISO 9000 certification. **Total Quality Management & Business Excellence**, Vol. 17 No. 4, pp. 507-521. 2006. <https://doi.org/10.1080/14783360500528304>.
- ROGERS, W. M.; SCHIMITI, M.; MULLINS, M. E. Correction for unreliability of multifactor measures: comparison of Alpha and parallel forms approaches. **Organizational Research Methods**. v. 5, p. 184-199. 2002.
- RONI, M. S. *et al.* Estimating the variable cost for high-volume and long-haul transportation of densified biomass and biofuel. **Transportation Research Part D: Transport and Environment** 29. 40-50. 2014.
- ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta Paul. Enferm.**, São Paulo, v. 20, n. 2, jun. 2007.
- ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. **Management Research News** 27, n 6, p. 31 – 39. 2004.
- ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION - RCEP. **Transport and the Environment**, HMSO, London. 1994.
- RUSHTON, G. **On behavioral and perception geography**. *Annals of the association of american geographers*. Vol 69, n. 3. 1979.
- RUZEVICIUS, J. Environmental Management Systems and Tools Analysis. **Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics** (4). 2009.
- SAGHIR, M. **Packaging logistics evaluation in the Swedish retail supply chain**. Packaging Logistics, Lund University. 2002.
- SAMARAKOON, S.M., RATNAYAKE, R.M. Minimization of Risk Assessments' Variability in Technology Qualification Processes. **Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering** 139. 021401-1. 2017. <https://doi.org/10.1115/1.4035225>.

- SANTOS, A. M. *et al.* Clima organizacional: uma análise ancorada nas teorias da motivação humana. **Revista da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu** 13, n. 2, p. 110-126. 2015.
- SAUJOT, M., LEFÈVRE, B. The next generation of urban MACCs. Reassessing the cost-effectiveness of urban mitigation options by integrating a systemic approach and social costs. **Energy Policy** 92. 2016.
- SCHIPPER, L., SAENGER, C., SUDARSHAN, A. Transport and carbon emissions in the United States: the long view. **Energies**, v. 4, n. 4. 2011.
- SCHÖNSLEBEN, P. With agility and adequate partnership strategies towards effective logistics networks. **Computers in industry** 42, n. 1. 2000.
- SHANKAR, R; CHOUDHARY, D; JHARKHARIA, S. An integrated risk assessment model: A case of sustainable freight transportation systems. **Transportation Research Part D** 63, 662–676. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.003>.
- SHIN, Y, THAI, V. A study of the influence of sustainable management activities on customer satisfaction and long-term orientation in the shipping industry: evidence from users of Korean flagged shipping service. **Int. J. Shipping and Transport Logistics** 8, n 1. 2016.
- SIJTSMA, K. On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's Alpha. **Psychometrika**, v.74, n.1, p.107-120. 2009.
- SIMCHI-LEVI, D. *et al.* **Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies**. Tata McGraw-Hill Education. 2008.
- SIMS M. *et al.* Effectiveness of tobacco control television advertising in changing tobacco use in England: a population-based cross-sectional study. **Addiction** 109. 2014.
- SIMS R., R. SCHAEFFER, F. CREUTZIG, X. CRUZ-NÚÑEZ, M. D'AGOSTO, D. DIMITRIU, M.J. FIGUEROA MEZA, L. FULTON, S. KOBAYASHI, O. LAH, A. MCKINNON, P. NEWMAN, M. OUYANG, J.J. SCHAUER, D. SPERLING, and G. TIWARI. Transport. *In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2004.
- SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA, SAÚDE, MEIO AMBIENTE E QUALIDADE – **Manual SASSMAQ: transporte rodoviário**. ABIQUIM, 3. ed. 2014.
- SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. **Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos**. 2017.
- SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. **Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris**. Observatório do Clima. 2016.
- SMITS, A., DRABE, V., HERSTATT, C. Beyond motives to adopt: Implementation configurations and implementation extensiveness of a voluntary sustainability standard. **J. Clean. Prod.** 19, 34411-7. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119541>.

- SMITS, A., DRABE, V., HERSTATT, C. Beyond motives to adopt: Implementation configurations and implementation extensiveness of a voluntary sustainability standard. **J. Clean. Prod.** 19, 34411-7. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119541>.
- SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews** 9 (1), pp 53–80. 2007.
- STANK, T.P., GOLDSBY, T.F. A framework for transportation decision making in an integrated supply Chain. **Supply Chain Manage: Int. J.** 5 (2), 71–77. 2010. <https://doi.org/10.1108/13598540010319984>.
- STILLWATER, T., KURANI, K. S., MOKHTARIAN, P. L. The combined effects of driver attitudes and in-vehicle feedback on fuel economy. **Transportation Research Part D** 52. 2017.
- STONEBRAKER, P., GOLDHAR, J., NASSOS, G. Weak links in the supply chain: measuring fragility and sustainability. **J. Manuf. Technol. Manag.** 20 (2), 161 – 177. 2009.
- STREINER, D. L. Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. **Journal of Personality Assessment** 80, p. 217-222. 2003.
- TANIGUCHI, E. *et al.* **City Logistics: Network modelling and intelligent transport systems**. Pergamon, London. 2011.
- TEIXEIRA, F. C. R., OLIVEIRA, M. C., HELLENO, A. L. Telemetria automotiva via internet móvel. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 28/29. 2014.
- TENG, S.G., JARAMILLO, H. A model for evaluation and selection of suppliers in global textile and apparel supply chains. **I. J. of Physical Distribution & Logistics Management** 35, n. 7, 503-523. 2005. <https://doi.org/10.1108/09600030510615824>.
- THIJSEN, R. J. T. G., HOFMAN, T., HAM, J. Ecodriving acceptance: An experimental study on anticipation behavior of truck drivers. **Transportation research part F: traffic psychology and behaviour**. 2014.
- TSAI, W. Implementation status of Taiwan carbon footprint (CFP) system and a case study of the Taiwan High Speed Rail Corporation. **Sustainable Cities and Society** 35, 331–335. 2017.
- TSENG, M., TAN, K., CHIU, A.S.F. Identifying the competitive determinants of firms' green supplychain capabilities under uncertainty. **Clean Techn Environ Policy**. 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s10098-015-1064-0>. 2015.
- TSENG, M., WONG, W. Sustainable supply chain management: a closed-loop network hierarchical approach. **Industrial Management & Data Systems** 115(3), 436-461. 2015. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2014-0319>.
- TWEDE, D. The process of logistical packaging innovation. **Journal of Business Logistics** 13, 69-94. 1992.
- UELZE, R. (1978). **Gerência de transporte e frotas**. São Paulo: Pioneira.
- VINODH, S. *et al.* Assessment of sustainability using multi-grade fuzzy approach. **Clean Technologies and Environmental Policy** 13(3), 509-515. 2011.
- WALKER, T. R. Green Marine: An environmental program to establish sustainability in marine transportation. **Marine Pollution Bulletin** 105, 199–207. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.029>.

- WANG, J., SUN, Y. **The application of multi-level fuzzy comprehensive evaluation method in technical and economic evaluation of distribution network.** *In: Management and Science Service International Conference*, pp. 1-4. 2010. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2010.5578155>.
- WIENGARTEN, F.; PAGELL, M.; FYNES, B. ISO 14000 certification and investments in environmental supply chain management practices: identifying differences in motivation and adoption levels between Western European and North American Companies. **J. Clean. Prod.** 56, 18-28. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.021>.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Global health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks.** Geneva: World Health Organization, 2009.
- WU, D. Approaches for Reducing the Computational Cost of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems: Overview and Comparisons. **IEEE transactions on fuzzy systems** 21(1). 2013. <http://dx.doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2201728>.
- WU, S., COHEN, D., SHI, Y. *et al.* Economic analysis of physical activity interventions. **Am J Prev Med** 40(2): 149-158. 2011.
- XIAO, F. *et al.* Spatial Distribution of Energy Consumption and Carbon Emission of Regional Logistics. **Sustainability** 7, 9140-9159. 2015.
- XIONG, C. **All about congestion: modeling departure time dynamics and its integration with traffic models.** 2011. Doctoral dissertation. University of Maryland, College Park, 2011.
- YAMABE, H. *et al.* Lattice Boltzmann Simulations of Supercritical CO₂-Water Drainage Displacement in Porous Media: CO₂ Saturation and Displacement Mechanism. **Environmental Science & Technology** 49(1). 2014. <https://doi.org/10.1021/es504510y>.
- YANG, Q.Z., CHUA, B.H., SONG, B. A Matrix Evaluation Model for Sustainability Assessment of Manufacturing Technologies. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation** 3, n.8. 2009.
- YANG, S., KALPAKIS, K., BIEM, A. Detecting Road Traffic Events by Coupling Multiple Timeseries With a Nonparametric Bayesian Method. **IEEE Transactions on intelligent transportation systems**, vol. 15, no. 5. 2014.
- YUAN, X., LIU, Z., LEE, E.S. Center-of-gravity fuzzy systems based on normal fuzzy implications. **Computers and Mathematics with Applications** 61, 2879-2898. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.03.074>.
- ZADEH, L.A., 1965. Fuzzy sets, **Information and Control**, 8, 338-383. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
- ZARGHAMI, E., FATOUREHCHI, D., KARAMLOO, M., 2019. Establishing a region-based rating system for multi-family residential buildings in Iran: A holistic approach to sustainability. **Sustainable Cities and Society** 50, 101631. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101631>.
- ZARKADOULA, M., ZOIDIS, G., TRITOPOULOU, E. Training Urban Bus Drivers to Promote Smart Driving: A Note on a Greek Eco-Driving Pilot Program. **Transportation Research Part D**, Vol. 12, no. 6. 2007.
- ZHANG, L. **Agent-based behavioral model of spatial learning and route choice.** *In: Transportation Research Board 85th Annual Meeting.* 2006.

- ZHANG, W. *et al.* Traffic Congestion Evaluation and Signal Timing Optimization Based on Wireless Sensor Networks: Issues, Approaches and Simulation. **Journal of Information of Science and Engineering** 30. 2014.
- ZHU, Q., TIAN, Y., SARKIS, J. Diffusion of selected green supply chain management practices: an assessment of Chinese enterprises. **Production Planning & Control** 23, n. 10–11, 837–850. 2012.
- ZOU, M. *et al.* An agent-based choice model for travel mode and departure time and its case study in Beijing. **Transportation Research Part C** 64. 2016.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO MANDATÓRIO SUBMETIDO AOS AUDITORES

Este questionário tem o objeto avaliar os requisitos obrigatórios para o reconhecimento em transporte de carga sustentável. Está dividido em 46 perguntas, divididas em políticas e segurança, indicadores de desempenho, e ações de gestão, que serão avaliadas por no mínimo dois auditores externos com as seguintes respostas possíveis: **Sim**, **Não** ou **Não se aplica**. Em cada caso, a experiência dos auditores permite decidir as respostas que melhor se enquadra. Para todas as respostas, documentos comprobatórios devem ser anexados.

Políticas e segurança

1. A empresa tem uma política escrita refletindo o compromisso da gerência com cuidado nas emissões de CO₂?
2. A declaração de política inclui referências à responsabilidade de todos os empregados em relação ao controle das emissões de CO₂ em transporte?
3. A declaração de política encoraja o envolvimento e o comprometimento dos funcionários e das subcontratadas com as emissões de CO₂?
4. A política é divulgada aos funcionários e subcontratados em uma linguagem que pode ser entendida por todos?
5. São formalmente definidas as responsabilidades quanto à avaliação do impacto das mudanças da legislação e das ações para atender as exigências legais?
6. A empresa tem um Responsável Técnico para as operações de transporte nos termos da lei?
7. O coordenador gera um relatório anual sobre as atividades da empresa no transporte de produtos e bens perigosos?
8. Esses relatórios são enviados para a alta gerência da empresa?
9. O coordenador completou curso de treinamento em eficiência energética em algum instituto externo reconhecido?
10. A empresa realizou uma avaliação das necessidades de treinamentos baseada nas exigências dos locais de trabalho e nas qualificações dos funcionários?
11. Há algum controle ou registro da documentação e sinalização obrigatória?
12. Há algum procedimento de comunicação de sinistro, acidente ou não conformidade com veículos em trânsito?
13. O processo de medição de desempenho é acompanhado entre os envolvidos?
14. Os procedimentos de auditoria são documentados?
15. Existe controle dos riscos potenciais de emissões para o meio ambiente, decorrentes de má operação do veículo, equipamento e acidentes?
16. Há evidência clara de que os veículos são usados conforme instruções?

17. São tomadas ações imediatas para substituir equipamentos defeituosos e veículos sem condições de uso?
18. Existe um controle por escrito de inspeção e manutenção preventiva dos pneus, mangotes, válvulas, freios ou qualquer tipo de vazamento?
19. Os defeitos e não conformidades recebem atenção imediata?
20. O veículo tem um cronotacógrafo, e é aferido por organismo credenciado e com laudo?
21. Há um procedimento escrito para leitura e registro das informações contidas nos discos dos tacógrafos e/ou computador de bordo, utilizados no transporte, para garantir as conformidades do processo?
22. Os veículos passaram pelo processo de alinhamento nos últimos 6 meses?
23. Os relatórios são disponibilizados com acesso fácil para o público em geral?

Indicadores de desempenho

24. Há objetivos anuais para melhorar o desempenho da companhia em eficiência no consumo de combustível, e existe um plano de ação para atingir esses objetivos, bem como a elaboração de relatórios com indicadores de desempenho?
25. As responsabilidades dos funcionários quanto ao controle das emissões na prestação de serviços ao cliente estão claramente definidas em uma descrição do trabalho?
26. São mantidos registros de quem é treinado e em quais assuntos? Assim como, testes de conhecimentos e competência?
27. O processo de medição de desempenho está disponível no local?
28. As empresas de transporte subcontratadas participam dos programas de eficiência energética da contratante?
29. Existe algum controle de consumo de combustível por veículo (frota/veículo dedicados) com metas?
30. Frota própria ou contratada, cavalo mecânico ou *truck* ou toco carga embalada – idade média 10 anos?
31. Idade média da frota entre 5 e 10 anos ou abaixo?
32. A transportadora mede a emissão de poluentes de sua frota? Existem projetos para compensação de emissão de CO₂?

Ações de gestão

33. Os responsáveis pelo controle de emissões respondem diretamente ao nível mais alto de gerenciamento da empresa?
34. Os responsáveis pelo controle de emissões têm autoridade e responsabilidade claramente definidas, baseadas na descrição do cargo?
35. A gerência define objetivos específicos no controle de consumo de combustível para os responsáveis da certificação e há avaliação dos resultados?
36. A gerência mantém reuniões formais, no mínimo semestrais, da revisão e avaliação dos sistemas de gestão das emissões?
37. São estabelecidos planos de ação corretiva e preventiva para as não conformidades e problemas revelados por relatórios e auditorias?
38. São consideradas as atualizações e/ ou melhoria dos sistemas, assim como a queixa dos clientes?

39. As estatísticas de desempenho e tendências nas áreas de eficiência energética são apresentadas nas reuniões e divulgadas para a administração, funcionários e subcontratadas?
40. São realizados treinamentos em reciclagem dos resíduos provenientes do transporte de carga?
41. Há um sistema de documentação para relatar e investigar não conformidades ligadas a serviço durante o transporte, carga, descarga, operação similar ao *cross docking* e redespacho?
42. A gerência está ativamente envolvida na promoção de valores, participando de reuniões em nível nacional ou local, de organizações de negócios, profissionais, educacionais, de cuidados com a saúde, de padrões e normas governamentais relacionados a transporte de carga?
43. Os veículos possuem plano de manutenção preventiva?
44. A empresa faz parte de algum programa destinado a redução de gases nocivo a saúde e/ou meio ambiente?
45. Os motoristas possuem treinamento de *ecodriving*?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES TRANSPORTE E ATRIBUTO SUBMETIDO AOS ESPECIALISTAS E AUDITORES

Este questionário tem o objeto avaliar as dimensões transporte e atributo. Está dividido entre os três aspectos de sustentabilidade, em que cada um possui 10 perguntas. Para avaliação externa, o formulário deve ser enviado para cada especialista. Para a avaliação interna, o formulário deve ser respondido pelos auditores em visita *in loco*. As respostas estão de acordo com a escala Likert5, e devem ser respondidas de acordo com a intensidade: “**nenhuma importância**”; “**pouca importância**”; “**importante**”; “**muito importante**”; e “**extremamente importante**”.

Aspecto Econômico

1. Custo de aquisição (Investimento em bens fixo de capital).
2. Custo de Edificação (custo com investimento em terminais, pátios etc.).
3. Custo de equipamentos, manutenção e material (pneus, peças, acessórios, pedidos etc.).
4. Em relação ao custo de pessoal (Salários e encargos).
5. Custo de combustível, lubrificante e energia.
6. Despesas operacionais (água, luz, telefone, embalagem, administrativas, seguros, alfandegários, pedágios, licenciamento etc.).
7. Bem-estar econômico da empresa (equilíbrio financeiro entre os desafios econômico, social e ambiental).
8. Custo de capital (depreciação, equipamento, oportunidade).
9. Despesas com avarias (multas, acidentes, perdas etc.).
10. Impacto dos custos logísticos (pensando na cadeia de suprimento - Estoque, movimentação, transporte e processamento de pedido).

Aspecto Social

1. Acessibilidade para transportes públicos (pessoal alocados no departamento de transporte).
2. Acessibilidade para bicicletários (pessoal alocados no departamento de transporte).
3. Local adequado para descartes de materiais, inclusive recicláveis (resíduos do transporte).
4. Incentivo a integração e convívio com o meio ambiente, assim como cuidado com o patrimônio (em transporte).
5. Programa de integração com o bem-estar da comunidade (hospital, escolas, residências, lojas de varejo com o pessoal de transporte).
6. Redução do impacto do ciclo de vida do edifício (área de manutenção e garagem).
7. Utilização pelos funcionários de uniforme, cobertura básica de saúde, treinamento e segurança (pessoal de transporte).

8. Programa de remuneração e seguridade social está de acordo com a média da sociedade (pessoal de transporte).
9. Incentivo ao desenvolvimento de lideranças, coleguismo, diversidade de gênero e raças de forma institucional com reconhecimento e promoções (pessoal de transporte).
10. Treinamento em políticas e procedimentos anticorrupção (pessoal de transporte).

Aspecto Ambiental

1. Procedimento para melhorar eficiência energética (como consumo de energia, combustível, utilização de rotas alternativas etc.).
2. Programa de redução dos gases de efeito estufa (GEE) em transporte (CO₂, CH₄, N₂O etc.).
3. Utilização de material de consumo em transporte de forma correto, assim como o descarte e a sua reutilização. (embalagens, pneus etc.).
4. Controle referente aos poluentes atmosféricos? (CO, HC, NO_x etc.).
5. Consumo de água consciente e na dosagem correta?
6. Geração de efluentes líquidos e sólidos gerados pelo transporte com o destino correto? (são os resíduos provenientes das indústrias, esgoto etc.).
7. Controle na geração de ruídos que impedem ao conforto acústico?
8. Procedimento para reduzir o material particulado (MP) provenientes dos combustíveis, pneus, freios e pista.
9. Treinamento tipo *Ecodriving*, projeto de conscientização na sociedade como forma de reduzir as emissões e os danos ao meio ambiente.
10. Conscientização na interferência biótica pelo sistema de transporte como emissões dos componentes físicos e químicos do meio (a água, o sol, o solo, o ar).

APÊNDICE C – ESPECIALISTAS PARTICIPANTES DO SISTEMA DE RECONHECIMENTO EM TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

Especialista	Grupo de pesquisa	Função na empresa ou participação na sociedade	Formação	Pós-graduação	Experiência (meses)	Cargo
E1	Rodoviário	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Direito	Especialização	210	Diretor
E2	Aquaviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Oficial de Náutica	Especialização	163	DPO
E3	Rodoviário	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Administração	Especialização	240	Diretor
E4	Rodoviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Administração	Especialização	216	Coordenador
E5	Pesquisador	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Engenheiro Mecânico	Doutorado	408	Professor
E6	Pesquisador	Gerência com mais de 15 anos de experiência	Engenheiro Mecânico	Doutorado	456	Professor
E7	Pesquisador	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Engenheiro Mecânico	Não	348	Pesquisador
E8	Aeroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Ciências da computação	Doutorado	348	Comandante
E9	Dutoviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Engenheiro Mecânico	N/A	36	Analista
E10	Ferroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Engenheiro de Produção	Especialização	126	Analista
E11	Pesquisador	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Engenharia Química	Doutorado	144	Pesquisador
E12	Dutoviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Engenheiro Mecânico	N/A	236	Supervisor
E13	Ferroviário	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Engenharia Elétrica	Mestre	125	Diretor
E14	Aeroviário	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Ciências Aeronáuticas	Mestrado	37	Professora
E15	Dutoviário	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Engenheiro Topográfica	N/A	300	Consultor
E16	Ferroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Engenharia Mecânica	Especialização	87	Supervisor
E17	Aeroviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Ciências Aeronáuticas	Especialização	273	Piloto
E18	Embarcador	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Engenharia Ambiental	Especialização	84	Especialista
E19	Embarcador	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Agronomia	Especialização	341	Gerente
E20	Rodoviário	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Administração	N/A	148	Coordenador
E21	Aquaviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Oficial de Máquinas	N/A	36	2º Oficial de Máquinas
E22	Aquaviário	Operacional ou pesquisador júnior (Graduado, Mestrando)	Oficial de Máquinas	N/A	36	2º Oficial de Máquinas
E23	Ferroviário	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Engenharia Elétrica	Especialização	144	Supervisora
E24	Ferroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Engenheiro de Produção	Especialização	115	Gerente
E25	Rodoviário	Gerência ou pesquisador entre 10 e 15 anos de experiência	Administração	N/A	192	Gerente
E26	Ferroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Administração	especialização	152	Coordenador
E27	Dutoviário	Analista ou pesquisador entre 2 e 4 anos de experiência (Doutorando)	Engenheiro Mecânico	N/A	69	Analista
E28	Dutoviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Administração	Especialização	92	Analista
E29	Pesquisador	Direção ou pesquisador com + de 15 anos de experiência	Engenharia Química	Doutorado	144	Pesquisador
E30	Aeroviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Políticas Sociais	Mestre	240	Pesquisador
E31	Aquaviário	Coordenação, supervisão ou pesquisador entre 5 e 9 anos de experiência (Doutor)	Engenharia Naval	Mestre	124	Consultor

Legenda: N/A = não se aplica

Fonte: produção própria

APÊNDICE D – RESPOSTA DOS ESPECIALISTAS NA DIMENSÃO TRANSPORTE EM ESCALA LIKERT5

Aspecto	Econômico										Social										Ambiental										
	Especialista	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
E1	3	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	2	3	5	5
E2	3	3	4	3	5	5	2	2	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	5	5	4	5	5
E3	4	3	4	5	3	2	5	5	2	4	4	2	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	5	4	3	3	5	5	5
E4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	2	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	3	5	2	4	5	5	4	5	4
E5	4	4	3	4	4	2	4	3	2	1	2	1	2	2	1	3	4	3	3	3	3	2	1	1	1	3	2	2	2	2	3
E6	3	3	3	4	3	2	5	3	2	3	4	4	2	4	4	2	2	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	4	2
E7	4	4	5	5	5	5	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E8	3	4	3	3	4	2	5	3	2	4	3	2	3	4	3	2	3	3	4	2	5	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2
E9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E10	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3
E11	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E12	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	1	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E13	5	5	5	5	5	3	3	3	2	5	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	3	3	4	4	3	4	3
E14	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
E15	3	4	5	4	3	3	5	5	2	5	4	2	5	5	5	3	5	3	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	4	4
E16	5	4	5	3	5	1	4	4	4	5	4	2	4	3	4	1	4	3	5	5	5	5	2	2	3	3	5	3	2	3	2
E17	5	5	4	4	5	5	5	3	3	5	3	3	4	3	3	4	5	3	4	3	5	4	2	2	3	2	4	5	4	2	2
E18	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	4	2	2	5	3	3	4	3	4	4	3	2	2	2
E19	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E20	4	4	4	5	5	2	3	4	2	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4	4	4	5	4
E21	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5
E22	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5
E23	3	5	5	5	5	3	5	3	4	4	1	1	2	3	4	1	4	4	5	4	5	4	3	3	2	4	5	2	2	1	1
E24	4	4	5	5	5	3	5	4	5	4	5	3	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
E25	5	5	5	5	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	2	3	3	3	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
E26	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	5	4	4	3	4	4	5	5	5	4	5	4	3	5	3	3	4	5	
E27	5	2	5	3	4	3	3	3	2	3	4	1	5	5	3	3	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4
E28	4	2	3	2	1	1	2	4	2	5	1	1	5	4	5	2	5	5	5	5	5	2	4	4	4	4	5	4	1	1	5
E29	5	4	5	4	5	4	4	3	3	4	5	4	4	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
E30	4	4	5	3	4	4	4	3	2	4	4	3	4	4	3	3	4	5	4	3	5	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4
E31	5	5	5	5	4	3	5	4	3	5	5	4	5	5	5	4	3	3	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4

Fonte: produção própria

APÊNDICE E - RESULTADO DA AVALIAÇÃO DOS AUDITORES NA DIMENSÃO ATRIBUTO

Aspectos		Econômico										Social										Ambiental										Média
Empresas	Coordenadas (x,y)	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	Nota Final
PA _{A1}	Auditor (x)	5	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	2	3	3	3	4	4	4	4	5	4	3	5	2	4	5	5	4	5	4	6,95
	Auditor (y)	3	4	4	4	5	4	5	3	5	4	4	4	5	5	5	1	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	2	3	5	5	
	Peso	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	
	Nota	4	8	8	8	10	9	9	3,5	10	8	8	3	4	4	4	2,5	9	9	9	10	9	3,5	9	3	8	10	3,5	3,5	10	9	
PA _{A2}	Auditor (x)	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4,73
	Auditor (y)	3	4	3	3	4	2	5	3	2	4	3	2	3	4	3	2	3	3	4	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	
	Peso	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
	Nota	4	9	4	4	9	3,5	10	4	3	8	4	2,5	4	9	4	3	4	4	9	3,5	4	3,5	4	3	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	
PA _{A3}	Auditor (x)	3	4	5	4	3	3	5	5	2	5	4	2	5	5	5	3	5	3	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	4	7,97
	Auditor (y)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Peso	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	
	Nota	4	9	10	9	4	4	10	10	3,5	10	8	3,5	10	10	10	4	10	4	4	10	10	9	10	10	10	10	10	10	4	9	
PA _{A4}	Auditor (x)	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	3	2	2	3	3	3	3	4	2	2	5	3	3	4	3	4	4	3	2	2	5,63
	Auditor (y)	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Peso	1	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5		
	Nota	8	3,5	9	8	8	3,5	9	4	4	9	4	3,5	3,5	4	4	4	4	9	3,5	3,5	10	4	4	9	4	9	9	4	3,5		
PA _{A5}	Auditor (x)	3	3	5	2	5	2	5	4	5	3	5	2	5	2	5	2	5	2	5	5	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2	3,63
	Auditor (y)	5	4	5	2	5	1	4	3	3	5	3	2	3	2	3	1	4	2	5	5	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2	
	Peso	0,5	0,5	1	0	1	0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Nota	4	3,5	10	0	10	0	9	3,5	4	4	4	0	4	0	4	0	9	0	10	10	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	
PA _{A6}	Auditor (x)	5	5	5	5	4	3	5	4	3	5	5	4	5	5	5	4	3	3	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	7,38
	Auditor (y)	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5	
	Peso	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1		
	Nota	10	10	10	10	9	3,5	9	8	3,5	9	4	3,5	4	9	4	3,5	4	3,5	9	8	10	9	9	10	10	10	8	8	4	9	

Fonte: produção própria