

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Milton Francisco de Brito

**LOGÍSTICA VERDE: Uma ferramenta estratégica na
tomada de decisão**

Taubaté – SP
2016

Milton Francisco de Brito

**LOGÍSTICA VERDE: Uma ferramenta estratégica na
tomada de decisão**

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional do Programa de Pós-graduação em Administração do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté

Área de Concentração: Planejamento, Gestão e Avaliação do Desenvolvimento Regional

Orientador: Prof. Dr. José Luís Gomes da Silva

**Taubaté – SP
2016**

MILTON FRANCISCO DE BRITO

LOGÍSTICA VERDE: Uma ferramenta estratégica na tomada de decisão

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional do Programa de Pós-graduação em Administração do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté

Área de concentração: Planejamento, Gestão e Avaliação do Desenvolvimento Regional

Orientador: Prof. Dr. José Luís Gomes da Silva

Data: 04 de junho de 2016

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Luis Gomes da Silva

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dra. Adriana Leônidas de Oliveira

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Henio Fontão

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza –
FATEC Pindamonhangaba

Assinatura _____

A Deus, à minha família, aos meus professores, amigos e companheiros de todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Deixo registrada minha eterna gratidão aos Doutores e Doutoradas Adriana Leônidas de Oliveira, Edson Aparecida de Araujo Querido Oliveira, Edson Trajano Vieira, Elvira Aparecida Simões de Araújo, José Luis Gomes da Silva, Marcela Barbosa de Moraes, Marilsa de Sá Rodrigues, Mônica Franchi Carniello, Nancy Julieta Inocente, Rita de Cássia Rigotti V. Monteiro, Sanzara Nhiaia Jardim Costa Hassmann e ao Me. Evandro Luiz de Oliveira.

Ao corpo docente da Unitau, que soube me ouvir quando eu apresentava dúvidas e formulava indagações nem sempre pertinentes. Todos, com suas altíssimas competências e profissionalismo, superaram minhas expectativas com respostas esclarecedoras, que com certeza contribuíram para a “expansão de minha memória”, preenchendo-a com entendimentos e conhecimentos que jamais serão apagados.

Agradeço, em especial, ao Professor Dr. José Luis Gomes da Silva, pela sua valiosíssima orientação na elaboração desta dissertação, e ao Professor Dr. Edson Aparecida de Araujo Querido Oliveira, pelas diversas desconstruções de conceitos provocadas durante suas excelentes aulas, nas quais o tempo parecia não existir.

Não poderia deixar de expressar meu reconhecimento pelas relevantes contribuições propiciadas pela sabedoria ímpar da Dra. Adriana Leônidas de Oliveira durante todo o processo de elaboração desta dissertação. E, ainda, minha gratidão ao Dr. Henio Fontão, por suas sábias palavras durante sua participação nas bancas de qualificação e de defesa que muito acrescentaram à conclusão desta jornada.

RESUMO

Esta pesquisa tem como eixo principal a Logística Verde, alicerçada pela sustentabilidade ambiental. O problema explorado envolve a estratégia empresarial e tem como foco a atividade do modal rodoviário e sua influência na sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo geral a análise das principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável que podem direcionar as atividades da Logística Verde como ferramenta estratégica na tomada de decisão para a utilização do modal rodoviário. Seus objetivos específicos são a identificação e a categorização das principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável da Logística Verde oriundas do modal rodoviário; o diagnóstico e a análise das variáveis tangíveis e intangíveis da Logística Verde; a identificação das principais relações entre o modal rodoviário e a Logística Verde na sustentabilidade ambiental; e a análise e a discussão das variáveis da Logística Verde no modal rodoviário como ferramenta na tomada de decisão. Para que tais objetivos fossem atingidos, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental com objetivo exploratório e abordagem qualitativa, o que permitiu a análise de dados de relatórios e artigos publicados por Associações, Ministérios e Institutos. A pesquisa evidenciou afirmações de experientes autores que, há mais de quinze anos, estudam a Logística Verde. A análise e a discussão dos dados sobre as principais variáveis da Logística Verde no modal rodoviário, tais como: Eficiência Energética, Emissão de Gases, Aumento do Volume de Tráfego, Controle da Poluição do Ar, dentre outras, demonstraram que o conjunto de variáveis que podem direcionar as atividades da Logística Verde como uma ferramenta estratégica na tomada de decisão no modal rodoviário melhora o relacionamento da empresa com o seu público em 70%, promove um retorno financeiro do investimento de 60%, reduz os gastos com combustíveis em 60%, aumenta a eficiência da cadeia de suprimentos em 55%, e reduz os riscos dos transportes em 50%.

Palavras-chave: Gestão. Logística verde. Modal rodoviário. Estratégia na tomada de decisão.

ABSTRACT

GREEN LOGISTICS: A STRATEGIC TOOL IN DECISION MAKING

This research has as its main axis Green Logistics, supported by environmental sustainability. The problem involves exploring business strategy and focuses on the activity of road transport and its influence on environmental sustainability. In this context, the research aimed to analyze the main variables of management and sustainable development that can direct the activities of Green Logistics as a strategic tool in decision-making in the use of road transport; and as specific objectives identify and categorize the main variables of management and sustainable development of green logistics arising from road transport; to diagnose and analyze the tangible and intangible variables of Green Logistics; identify key relationships between road transport and green logistics environmental sustainability; and at the end analyze and discuss the variables of green logistics in road transport as a tool in decision making. To achieve these objectives was adopted bibliographic and documentary research with exploratory objective and qualitative approach, which allowed to analysis data from report and articles published by associations; ministries; and Institutes. Such analysis made possible the discussion of the variables of green logistics in road transport as a tool in decision making. The research showed statements of experienced authors who for more than fifteen years have been studying green logistics. The analysis and discussion of data on the main variables of green logistics in road transport, such as energy efficiency; Gas Emissions; Increased traffic volume; Control of Air Pollution; among others, have shown that the set of variables that can direct the activities of green logistics as a strategic tool in decision making in road transport improves the company's relationship with its audience by 70%, promotes a financial return of 60% investment, reduce spending with fuel by 60%, increases the efficiency of the supply chain by 55% and reduce the risks of transport by 50%.

.
.

Keywords: Management. Green logistics. Road transport. Strategy in decision making.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões nacionais de qualidade do ar	57
Tabela 2: Limites de emissão para veículos leves comerciais estabelecidos na Resolução CONAMA nº 415/2009 (Fase L6)	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferentes tipos de fluxos	36
Quadro 2: Paradoxos da Logística Verde	52
Quadro 3: Extensão geográfica de efeitos poluentes	58
Quadro 4: Variáveis tangíveis da Logística Verde	66
Quadro 5: Variáveis intangíveis da Logística Verde	66
Quadro 6: Categorização das principais variáveis da pesquisa	70
Quadro 7: Universo de equipamentos usados no modal rodoviário em 2012	73
Quadro 8: Emissões de carbono por veículos automotores	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uma “macrovisão” da macroeconomia na perspectiva da economia ecológica	24
Figura 2: Visão sistêmica do envolvimento de organização socioprodutiva	25
Figura 3: Cadeia produtiva do biodiesel, especificamente da mamona	27
Figura 4: Um modelo do gerenciamento da cadeia de suprimentos	28
Figura 5: Cadeia de suprimentos tradicional	31
Figura 6: Cadeia de suprimentos verde	31
Figura 7: Elementos básicos da Logística	33
Figura 8: Relações entre as atividades logísticas primárias e de apoio e o nível de serviço almejado	35
Figura 9: Integração logística	37
Figura 10: Terceira fase da logística	38
Figura 11: Fluxos típicos no canal de distribuição	40
Figura 12: Logística Reversa – área de atuação e etapas reversas	42
Figura 13: Evolução de pesquisas em Logística Verde	44
Figura 14: Três tendências de pesquisas sobre Logística Verde	46
Figura 15: Roda da Logística Verde	47
Figura 16: Mapa analítico para pesquisa em Logística Verde	48
Figura 17: Processo de modelagem num estudo de simulação	51
Figura 18: Sistema de transporte no sistema de logística	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Universo de equipamentos de modal rodoviário em 2012	74
Gráfico 2: Evolução dos principais equipamentos de modal rodoviário	75
Gráfico 3: Emissões de carbono emitido por veículos automotores	77
Gráfico 4: Evolução da emissão de CO por veículos automotores	78
Gráfico 5: Matriz de consumo de energia nos transportes	80
Gráfico 6: Consumo de energia por modal de transporte	80
Gráfico 7: Resultado de simulação para mudança do modo de transporte na cidade de Taubaté	82
Gráfico 8: Comparativo entre as emissões de poluente Brasil x Canadá	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema.....	16
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Delimitação do Estudo	17
1.4 Relevância do Estudo	17
1.5 Organização do Trabalho	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 Organizações Socioprodutivas e Sustentabilidade	19
2.2 Cadeia Produtiva.....	26
2.4 Cadeia de Suprimentos.....	28
2.5 Logística Direta	33
2.5.1 Logística interna	35
2.5.2 Logística externa	37
2.6 Logística Reversa.....	40
2.7 Logística Verde	43
2.7.1 Modal rodoviário.....	53
3 MÉTODO.....	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4.1 Procedimentos de Apoio à Tomada de Decisão	63
4.2 Relações entre o Modal Rodoviário e a Logística Verde.....	68
4.3 Variáveis da Logística Verde no Modal Rodoviário	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXO A – 1/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	91
ANEXO A – 2/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	92

ANEXO A – 3/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	93
ANEXO A – 4/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES.....	94
ANEXO B – Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Otto	95
ANEXO C – Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel.....	96
ANEXO D – Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano).....	97
ANEXO E – Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano).....	98

1 INTRODUÇÃO

Com a expectativa de um novo crescimento industrial mundial, as empresas brasileiras precisam se tornar cada vez mais competitivas, fato este que as impulsiona a se tornarem eficientes e eficazes no mercado consumidor. A logística, se tratada como grande fator operacional de uma indústria, pode contribuir de forma incisiva neste mercado acirrado.

De acordo com Bowersox *et al.* (2014, p. 31), “Nenhuma outra área operacional envolve a complexidade ou abrange a geografia da logística. Em todo o planeta [...], a logística se preocupa em levar bens e serviços aonde eles são necessários e no momento desejado”. Esse mesmo autor afirma que, apesar de a logística existir desde o começo da civilização para a programação das melhores práticas do século XXI, ela é uma das áreas mais estimulantes e desafiadoras da gestão da cadeia de abastecimento.

A evolução da logística destaca os fluxos a ela associados – o fluxo de materiais, o fluxo de informação e o fluxo de capital, e lhes atribui o envolvimento dos atores da cadeia de suprimento, que tem início com os fornecedores, perpassa pela fabricação e segue para o varejista, a fim de atingir o consumidor final.

Observa-se, dessa forma, que cada ator da cadeia logística atua tanto como fornecedor quanto como cliente, a fim de atender as exigências dos consumidores finais. Nesse sentido, Novaes (2001, p. 37) afirma que “é necessário buscar soluções eficientes, otimizadas em termos de custo, e que sejam eficazes em relação aos objetivos pretendidos”.

Durante os últimos 50 anos, período em que as atividades de transporte, movimentação de produtos e armazenagem foram reconhecidas como determinantes para o desempenho empresarial, o principal objetivo, e em muitos casos, o único, foi organizar a logística de forma a maximizar a lucratividade.

Ao longo dos últimos 10-15 anos, num contexto de crescente preocupação pública e do governo com o meio ambiente, as empresas estão sob constante pressão para reduzir o impacto ambiental gerado em suas operações logísticas (MCKINNON, 2012).

Com a finalidade de manter um desenvolvimento sustentável sob a égide das Legislações Governamentais, as empresas iniciam uma nova estruturação na área de logística, incluindo a correta destinação e tratamento dos resíduos industriais.

Nesse cenário, surgem a Logística Reversa e a Logística Verde como ferramentas de gestão, de sustentabilidade e com alto potencial de integração entre a empresa, o cliente e o meio ambiente. Segundo Donato (2008, p. 16), a “logística reversa é a parte da Logística que trata do retorno de materiais e embalagens ao processo produtivo”.

Esse mesmo autor define que, quando tal retorno traz ganho ambiental, identifica-se à Ecologística, pois sua finalidade maior é o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, atribui-se ao termo Ecologística o mesmo significado de Logística Verde.

A Logística Reversa se diferencia da Logística Verde quando considera os aspectos ambientais de todos os processos logísticos, pois esta última está focada no consumo de recursos naturais não renováveis, na emissão de contaminantes, na utilização de vias, na poluição sonora e na disposição de resíduos (MAQUERA, 2012).

Diante das nada recentes pressões ecológicas impostas pelas organizações não governamentais (ONGs) sobre as organizações socioprodutivas, estas, de acordo com suas possibilidades, buscam se adequar com o objetivo de atender as demandas pelos seus produtos, ao mesmo tempo em que, às vezes de forma antagônica, procuram manter a natureza original, extraindo e não substituindo recursos não renováveis.

Atitudes representadas pela redução de consumo, pela reutilização de tudo o que for possível, pela reciclagem dos materiais, pela regeneração de energia, pelo respeito aos códigos e leis e pelo reprojeto de materiais, peças e equipamentos (DONATO, 2008) podem promover a visibilidade das organizações socioprodutivas empenhadas na sustentabilidade ambiental.

Assumindo-se, então, que a preocupação com a sustentabilidade não é modismo e tendo como referência a Conferência de Estocolmo, realizada na Suécia

no ano de 1972, ou seja, há mais de 40 anos, percebe-se pouca produção científica (MCKINNON, 2012) sobre os efeitos das atividades logísticas ao meio ambiente.

Esse fato justifica a percepção de que muito ainda deve ser pesquisado para alavancar a prática da Logística Verde, se não para todos, pelo menos por parte significativa das organizações socioprodutivas com aporte para investimentos em tecnologia, pesquisa e desenvolvimento.

Ao diagnosticar e analisar as variáveis tangíveis e intangíveis, ao identificar as principais relações entre o modal rodoviário e a Logística Verde na sustentabilidade ambiental, e ainda, ao analisar a Logística Verde como ferramenta estratégica na tomada de decisão, este trabalho contribui para o melhor entendimento das propostas, ainda que às vezes contraditórias, da Logística Verde no que diz respeito às variáveis oriundas das atividades do modal rodoviário na tomada de decisão.

Dentre os modais, o rodoviário é o que se mostra mais acessível e tem sido de suma importância para o desenvolvimento do país, pois é o único que viabiliza a movimentação porta a porta, com grande participação no desenvolvimento regional, disponibilizando produtos em regiões distantes e modificando a qualidade de vida de seus habitantes.

O Brasil conta com uma malha rodoviária de 1,7 milhão de quilômetros de estradas, sendo 78,2% municipais, 14,8% estaduais e 7,0% federais, e enfrenta o desafio de pavimentar 80% das estradas (DNIT, 2014).

Dentre as características do modal rodoviário, destacam-se sua capacidade de integrar todos os estados brasileiros e sua flexibilidade com a grande extensão da malha rodoviária, adequado para médias e curtas distâncias.

Por ser um modo de transporte com características poluentes de forte impacto ambiental, foram criados programas para reduzir e controlar o nível de ruídos e emissão de contaminantes atmosféricos, dentre eles o programa de controle da poluição do ar por veículos automotores, o PROCONVE, envolvendo automóveis, caminhões, ônibus e máquinas rodoviárias e agrícolas.

1.1 Problema

Ao estudar a evolução da logística empresarial e a proposta da Logística Verde, depara-se com alguns paradoxos: a prática de *Just in Time*, que provê sistema de distribuição física flexível e eficiente, ao mesmo tempo em que a postergação de produção, distribuição e estruturas do varejo consomem mais espaço, mais energia e produzem mais emissões (CO₂, partículas, NO_x, etc.). Dessa forma, tendo como foco a atividade do modal rodoviário e sua influência na sustentabilidade ambiental, surge o questionamento: quais variáveis podem direcionar as atividades da Logística Verde como ferramenta estratégica para tomada de decisão no modal rodoviário?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável que podem direcionar as atividades da Logística Verde como ferramenta estratégica na tomada de decisão na utilização do modal rodoviário.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar e categorizar as principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável da Logística Verde oriundas do modal rodoviário.
- Diagnosticar e analisar as variáveis tangíveis e intangíveis da Logística Verde.
- Identificar as principais relações entre o modal rodoviário e a Logística Verde na sustentabilidade ambiental.
- Analisar e discutir as variáveis da Logística Verde no modal rodoviário como ferramenta na tomada de decisão.

1.3 Delimitação do Estudo

A pesquisa delimitou-se pelo diagnóstico e análise de variáveis da sustentabilidade ambiental oriundas do modal rodoviário.

1.4 Relevância do Estudo

Com o agravamento do problema da agressão ambiental desenfreada, a simples reciclagem de materiais não é suficiente; evitar o consumo ou consumir de maneira consciente tem efeito mais abrangente (DONATO, 2008). Assim, a mudança da prática da logística convencional para a Logística Verde parece se tornar imperativa; entretanto, as características fundamentais de sistemas logísticos e sustentabilidade são, por vezes, contraditórias (EMMETT; SOOD, 2010).

Como desafios resultantes dessas contradições, Emmett e Sood (2010, p. 127) destacam os custos e suas externalidades, o tempo de resposta, a flexibilidade e a redução de inventários, numa situação em que se opta pela utilização de combustível mais barato com o objetivo de reduzir os custos e, conseqüentemente, acaba por aumentar a poluição e a degradação do meio ambiente.

Analisando as dimensões flexibilidade e tempo, percebe-se que as modernas cadeias de suprimentos integradas incentivam o uso estratégico de técnicas como *Just in time* (JIT), atendimentos porta a porta e, ainda, sistemas de distribuição física flexível e eficiente por meio do modal rodoviário, sendo este o menos eficiente em termos ambientais (RODRIGUE; SLACK; CONTOIS, 2001).

Nesse contexto, conhecer as principais variáveis da Logística Verde e se sua prática é uma ferramenta estratégica na tomada de decisão torna-se essencial e indispensável para a obtenção de um bom desempenho na gestão empresarial de atividades do modal rodoviário.

1.5 Organização do Trabalho

Para atingir os resultados esperados, este estudo está dividido em cinco seções. Além desta Seção 1, onde se encontra a introdução, tem-se: Seção 2, que

trata da apresentação dos conceitos teóricos; Seção 3, que descreve a operacionalização da pesquisa; Seção 4, que apresenta a análise e discussão dos resultados da pesquisa; e Seção 5, que discorre sobre as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Organizações Socioprodutivas e Sustentabilidade

De acordo com Morgan (1996), as empresas podem ser vistas por meio de metáforas, com o objetivo de entender o seu funcionamento. Por essa razão, o autor apresenta diversas visões para as organizações e, para contextualizar um possível modelo comportamental para uma empresa que se propõe a adotar a responsabilidade social, esta seção expõe alguns pontos relevantes da empresa vista como organismo, visão na qual o autor descreve as organizações como sistemas abertos e que, portanto, interagem com o ambiente, alterando-o ao mesmo tempo em que são alteradas.

Morgan (1996, p. 43) afirma: “É possível pensar nas organizações como se fossem organismos”.

Dessa forma, as organizações são concebidas como sistemas vivos, que existem em um ambiente mais amplo do qual dependem em termos de satisfação das suas várias necessidades. Assim, na medida em que se olha à volta do mundo da organização, percebe-se que é possível identificar diferentes tipos de organizações em diferentes tipos de ambientes. Exatamente como se pode encontrar ursos polares nas regiões árticas, camelos nos desertos e jacarés nos pântanos, nota-se que certas espécies de organização estão mais bem “adaptadas” para determinadas condições ambientais do que outras. Descobre-se que organizações burocráticas tendem a funcionar mais eficazmente em ambientes que são estáveis ou, de alguma forma, protegidos e que tipos muito diferentes são encontrados em regiões mais competitivas e turbulentas, tais como empresas de alta tecnologia, nos campos aeroespacial e microeletrônica (MORGAN, 1996, p. 43).

Morgan (1996) relata que essa forma de enxergar a organização, pela metáfora do organismo, ajudou os teóricos organizacionais tanto a identificar quanto a estudar as diversas necessidades das organizações na posição de “sistemas abertos”.

Há algum tempo, estudar o processo de adaptação das organizações aos ambientes tem feito muita diferença, tendo em vista o ambiente globalizado em que estão inseridas, principalmente para as grandes empresas.

Com base nessa metáfora, Morgan (1996) se aprofunda em diversos tópicos relevantes sobre as organizações. São eles:

- a descoberta das necessidades organizacionais;
- o reconhecimento da importância do ambiente: as organizações vistas como sistemas abertos;
- a teoria contingencial: adaptação da organização ao ambiente;
- a saúde organizacional e o desenvolvimento;
- a seleção natural: a visão da população – ecologia das organizações;
- a ecologia organizacional: a criação de futuro compartilhado;
- as forças e limitações da metáfora orgânica.

Considerando essa abordagem e alguns princípios empresariais, pode-se assumir que tanto o ambiente interfere na organização quanto a organização no ambiente, o que não deixa de ser outra forma de interpretar a teoria da evolução postulada por Darwin, pois não mais o mais forte sobrevive, visto que grandes empresas podem perder seu lugar para as pequenas empresas com vigorosa base tecnológica e maior pré-disposição para promover o desenvolvimento sustentável.

Procura-se disseminar o entendimento de desenvolvimento em amplitudes distintas, tendo, comumente, a dimensão geográfica como referência de abrangência para a discussão do assunto.

Conforme May (2010, p. 5), “em um passado distante, antes do controle do fogo pela espécie humana, a interação desta com a natureza era semelhante àquela dos animais mais próximos na cadeia evolutiva, como os grandes primatas.”

Ainda de acordo com esse autor, mesmo depois do controle do fogo pelo homem e do consequente estreitamento da interação homem/natureza, de formas distintas, possuir o controle por si só não leva a mudanças que promovam a alteração da forma de viver de uma população de um estado menos favorecido para outro melhor, ainda que se diversifique o modo de inserção da espécie humana na natureza, o que caracterizaria o desenvolvimento.

Pressupõe-se que desenvolvimento com responsabilidade é aquele que ocorre ao mesmo tempo em que preserva as características ambientais, para que

estas forneçam o mínimo de qualidade de vida aos viventes do presente e também do futuro.

Isso implica em dizer que aqueles que vivem no presente deverão encontrar formas de preservar ao máximo os recursos exauríveis necessários à sua existência, a fim de proporcionar a continuidade das espécies.

Para tanto, o homem ainda tem muito a aprender sobre as propriedades de sua residência maior, o meio ambiente onde vive e com o qual interage. Quanto ao saber sobre o ambiente, Leff (2012) declara:

A epistemologia ambiental é uma aventura do conhecimento que busca o horizonte do saber, nunca o retorno a uma origem de onde parte o ser humano com sua carga de linguagem; é o eterno retorno de uma reflexão sobre o já pensado que navega pelos mares dos saberes exilados, lançados ao oceano na conquista de territórios epistêmicos pelo pensamento metafísico e pela racionalidade científica. Mais que um projeto com a finalidade de construir um novo objeto do conhecimento e de obter uma reintegração do saber, a epistemologia ambiental é um percurso para chegar a saber o que é o ambiente – esse estranho objeto do desejo do saber – que emerge do campo de extermínio para onde foi expulso pelo logocentrismo teórico fora do círculo da racionalidade das ciências (LEFF, 2012, p. 16)

Assim, observa-se que o ambiente, local único e mutável que recebe a interação das espécies que abriga, tende a ser expulso, ou melhor, extinto por seus abrigados, a menos que estes entendam que, conforme Leff (2012, p.16), “o ambiente não é a ecologia, mas a complexidade do mundo; é um saber sobre as formas de apropriação do mundo e da natureza, através das relações de poder inscritas nas formas dominantes do conhecimento”.

Em função da interação do homem com o meio ambiente, a comissão do meio ambiente e desenvolvimento assumiu que desenvolvimento sustentável é:

O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais (RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1987).

Santos *et al.* (2012) analisam essa definição considerando três aspectos: desenvolvimento, sustentabilidade e justiça. O desenvolvimento justifica-se pelo fato

de não estar reduzido a um simples crescimento quantitativo; a sustentabilidade, porque deve atender a população atual sem comprometer o acolhimento das populações futuras; e equitativo em razão da busca pelo atingimento de níveis satisfatórios de desenvolvimento econômico, social, político-institucional, cultural e humano.

“Falar em desenvolvimento é falar também em crescimento, decrescimento, humano, não humano, sustentável e não sustentável, e isso depende do ponto de partida e do ponto de chegada de quem apresenta o conceito” (SANTOS *et al.*, 2012, p. 58).

Conclui-se que o significado de desenvolvimento depende do contexto, do tempo e do espaço nos quais é discutido.

Assim, considerando a dimensão econômica do desenvolvimento, o tempo, o espaço e as perspectivas discutidos por Vieira e Santos (2012) quando confrontam desenvolvimento com crescimento econômico, declaram:

Os termos desenvolvimento econômico e crescimento econômico são utilizados com muita frequência nos estudos acadêmicos em várias áreas do conhecimento como a economia, a história e a geografia. Também são comuns na mídia e na política, principalmente nos discursos de candidatos a cargos eletivos. Porém, tanto no âmbito acadêmico quanto externo a atividade de pesquisa, há confusão em relação ao uso dos conceitos, desenvolvimento econômico, crescimento econômico e desenvolvimento social (VIEIRA; SANTOS, 2012, p. 347).

Vieira e Santos (2012, p. 347-348) esclarecem que: “A definição de uma tipologia do desenvolvimento decorre da necessidade de classificá-lo em econômico, político, social ou cultural por razões metodológicas quanto ao tratamento de um desses sentidos particulares”, o que reforça o entendimento de desenvolvimento.

Sob essa perspectiva, quando o objeto de estudo são empresas que possuem como primeiro objetivo a geração de resultados, pode-se assumir que estas mais contribuem para o crescimento econômico do que para o desenvolvimento se não estiverem conscientes de suas responsabilidades quanto à preservação dos recursos naturais.

De acordo com May (2010, p. 8), “No debate acadêmico em economia do meio ambiente, as opiniões se dividem entre duas correntes principais de interpretação”.

A corrente chamada de economia ambiental considera que os recursos naturais não representam, em longo prazo, um limite absoluto à expansão da economia. Assume-se que o uso da tecnologia em constante desenvolvimento fará com que os recursos sejam utilizados racionalmente; contudo, é considerada como sendo de fraca sustentabilidade e a economia de mercado tenta corrigir as falhas por meio de tributação.

A outra corrente, chamada de economia ecológica, enxerga o sistema econômico como sendo um subsistema de um todo maior que o contém, impondo restrições absolutas à sua expansão. Considera que capital e recursos naturais são complementares.

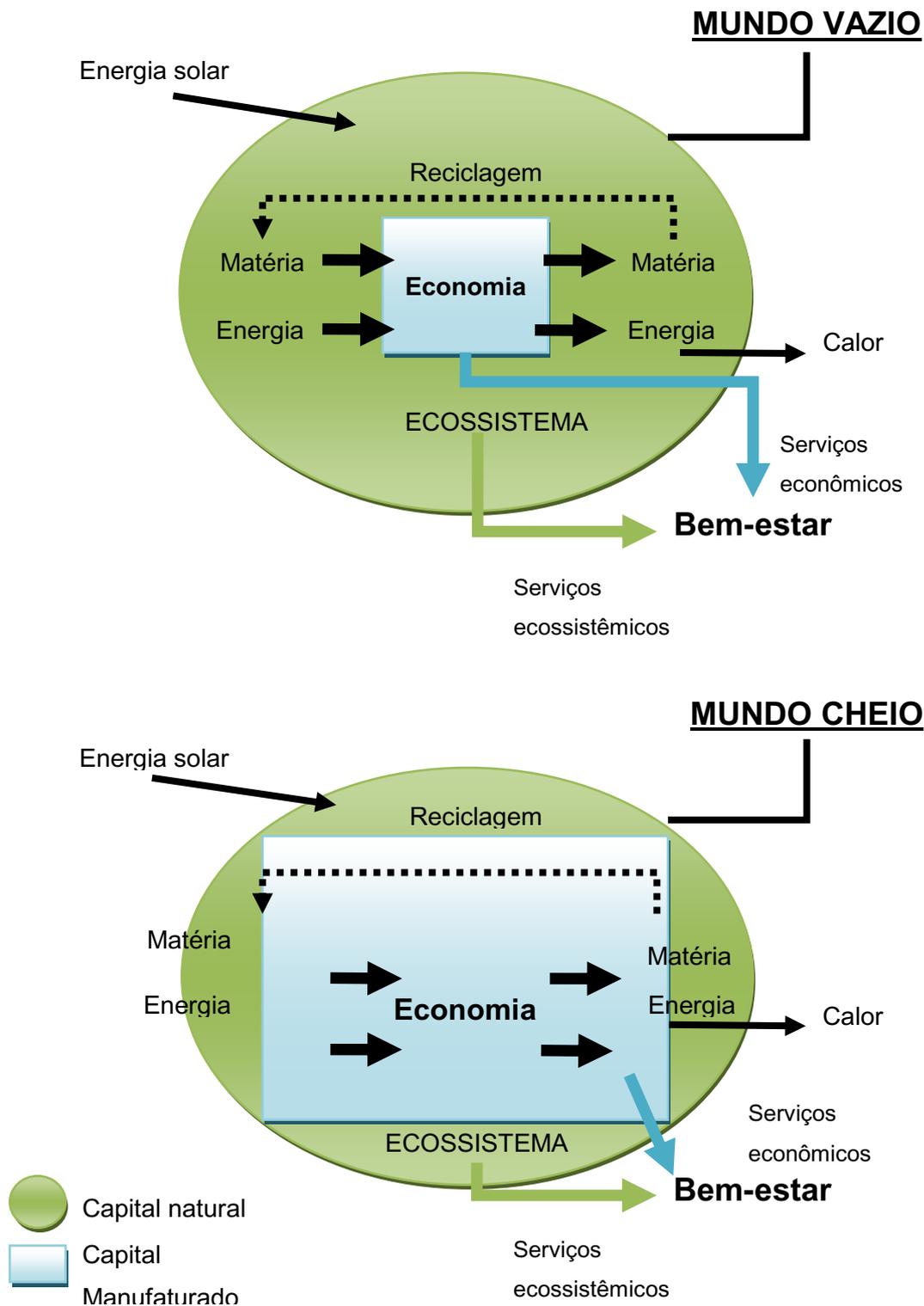
O desenvolvimento tecnológico e científico é visto como essencial para aumentar a eficiência na utilização dos recursos renováveis e não renováveis. Essa corrente impõe restrições para o uso dos recursos, deixando como desafio aos exploradores a descoberta de práticas que atendam as demandas, respeitando os limites impostos.

Analisando a relevância do conteúdo exposto frente aos objetivos deste trabalho, deve-se considerar a proposta de Herman Daly, um dos fundadores da economia ecológica apresentada por May (2010), na qual exemplifica uma situação sob a perspectiva da economia ecológica, apresentando e justificando o uso da simbologia “mundo vazio” e “mundo cheio”.

May (2010) justifica o uso da simbologia para delimitar as diferenças históricas em que a densidade populacional e padrões de consumo eram incompatíveis com a densidade populacional atual, e padrões de consumo incompatíveis com a integridade ecossistêmica.

Tendo como referência o conteúdo da Figura 1, May (2010, p. 62) declara: “Nesse mundo cheio é muito elevado o custo de oportunidade no uso dos recursos naturais e ambientais”. Assim, a desconsideração do meio ambiente era até compreensível em um “mundo vazio”, porém não tem sentido em um “mundo cheio”.

Figura 1: Uma “macrovisão” da macroeconomia na perspectiva da economia ecológica



Fonte: Adaptado de May (2010, p. 63)

Sob essa ótica, ponderando a analogia entre “mundo vazio” e “mundo cheio”, e sendo a ecologia o estudo das relações dos seres vivos com o ambiente, as

Na Figura 2, percebe-se que as organizações socioprodutivas com foco em desenvolvimento sustentável têm como pilares a sustentabilidade ambiental, a economia e a dimensão social. Essas dimensões são sustentadas pela cadeia produtiva.

A cadeia produtiva, sendo a origem dos insumos, produtos e serviços necessários ao atendimento da demanda dos clientes gera as cadeias de suprimentos interna e externa das organizações socioprodutivas.

Para que a cadeia de suprimento desempenhe suas funções, ela necessita das atividades da logística, que podem ser entendidas como logística direta, logística reversa e logística verde, e estas, tal qual a cadeia de suprimento, dividem-se em interna e externa.

Segundo Ballou (2013), as principais atividades da logística, as primárias, são o processamento de pedidos, a manutenção de estoques e o transporte, sendo esta última no modal rodoviário, objeto desta pesquisa.

2.2 Cadeia Produtiva

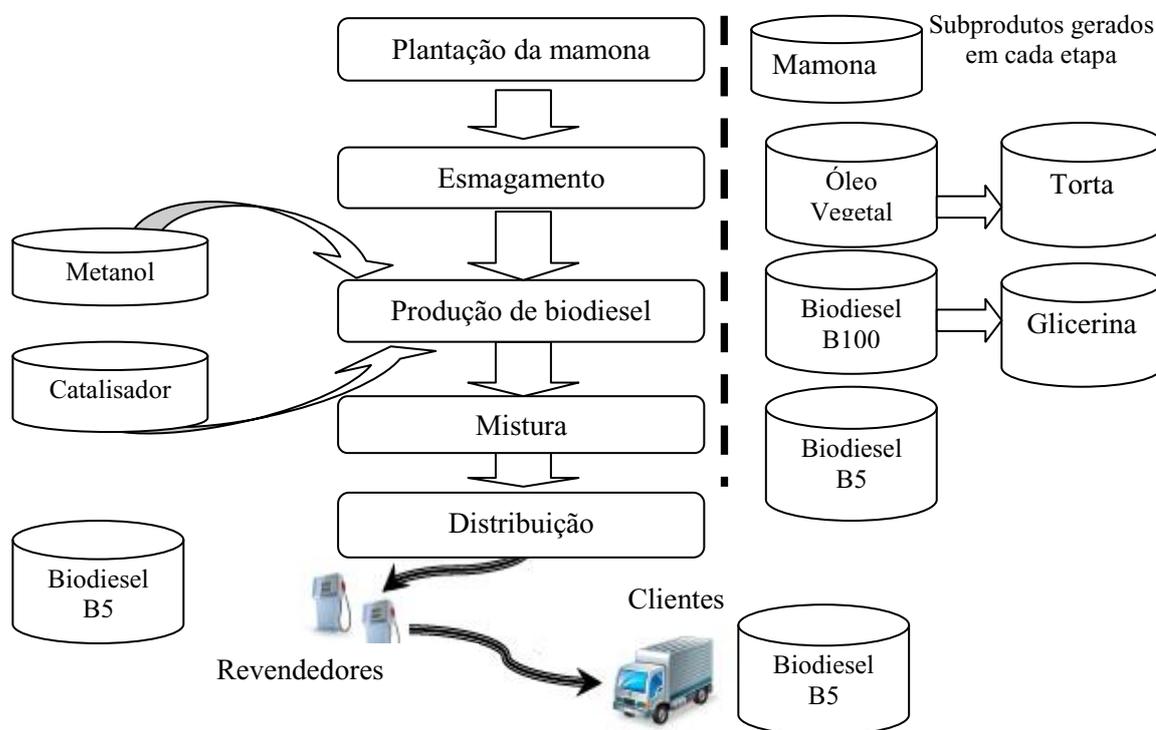
Possuir uma visão sistêmica do objeto de estudo pode ser o primeiro passo para o entendimento e para o aprendizado das etapas que compõem o objeto estudado.

No estudo envolvendo as organizações socioprodutivas não é raro encontrar certa confusão entre os conceitos de cadeia produtiva e demais cadeias estudadas nas áreas acadêmica e empresarial.

O conceito de cadeia produtiva foi desenvolvido como instrumento de visão sistêmica. Parte da premissa que a produção de bens pode ser representada como um sistema, onde os diversos atores estão interconectados por fluxos de materiais, de capital e de informação, objetivando suprir um mercado consumidor final com os produtos do sistema (DE CASTRO; LIMA; CRISTO, 2002, p. 2).

Elegeu-se a cadeia produtiva específica do biodiesel da mamona como referência, que vem se apresentando como uma das alternativas para a redução de emissão de gases poluentes durante a atividade do modal rodoviário. Parte desse conceito pode ser observada na Figura 3.

Figura 3: Cadeia produtiva do biodiesel, especificamente da mamona



Fonte: Vieira *et al.* (2014, p. 443)

De acordo com Vieira *et al.*:

Para se produzir biodiesel, o óleo retirado das plantas é misturado com álcool (ou metanol) e depois estimulado por um catalisador. O catalisador é um produto usado para provocar uma reação química entre o óleo e o álcool. Depois o óleo é separado da glicerina (usada na fabricação de sabonetes) e filtrado (BODIESEL BR, 2013 *apud* VIEIRA *et al.*, 2014, p. 444)

Ainda que o objetivo dos autores tenha consistido na demonstração da cadeia produtiva do biodiesel, nota-se pela Figura 3 que o processo apresentado, com início na plantação da mamona até alcançar o cliente do biodiesel, gera outros produtos com finalidades distintas, como o óleo vegetal e a glicerina, caracterizando a cadeia produtiva, ou seja, de uma única matéria-prima, obtêm-se diversos produtos.

Observa-se que, desse fluxo, derivam-se a cadeia de suprimentos da glicerina, utilizada para a fabricação de sabonetes, e a cadeia de suprimentos da torta, subproduto da mamona utilizado como adubo orgânico, segundo Vieira *et al.* (2014).

2.4 Cadeia de Suprimentos

Percebe-se coerência entre diversos autores quanto à definição de cadeia de suprimentos, citando-se aqui aquela registrada por Ballou (2006, p. 29): “Conjunto de atividades funcionais [...] que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual as matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor”.

Dentre tais atividades, destaca-se a atividade de transporte por ser o elo entre clientes e fornecedores participantes da cadeia; contudo, não se pode desprezar outras atividades não menos importantes, tais como a manutenção de estoque, a armazenagem, a embalagem, a previsão de demanda e o gerenciamento de informação, entre outras. Em termos de abrangência de cadeia de suprimentos quanto à sua gestão, Mentzer (2001) apresenta a seguinte definição:

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é definido como a coordenação estratégica sistemática das tradicionais funções de negócios e das táticas ao longo dessas funções de negócios no âmbito de uma determinada empresa e ao longo dos negócios no âmbito da cadeia de suprimentos, com o objetivo de aperfeiçoar o desempenho a longo prazo das empresas isoladamente e da cadeia de suprimento como um todo (MENTZER *et al.*, 2001, p.1-25).

Dessa definição extrai-se o entendimento de que o gerenciamento da cadeia de suprimentos implica em tratamentos despendidos tanto para uma única empresa quanto para o conjunto de empresas que compõem a cadeia empenhada em atender a demanda de determinado segmento, conforme ilustrado pela Figura 4.

Figura 4: Um modelo do gerenciamento da cadeia de suprimentos



Fonte: Mentzer *et al.*, (2001, p. 19)

De acordo com Bowersox *et al.* (2014, p. 4), “A gestão da cadeia de suprimentos consiste na colaboração entre empresas para impulsionar o posicionamento estratégico e melhorar a eficiência operacional”.

Ballou (2006) afirma que existe certa complexidade, em termos práticos, em separar o gerenciamento da logística empresarial da gestão da cadeia de suprimentos, pois existem aspectos idênticos entre a missão da logística e a missão da cadeia de suprimentos.

Dessa afirmação, pode-se entender como missão a colocação dos produtos e/ou serviços corretos no lugar apropriado, no tempo acordado e com a ausência de não conformidades, prestando, ao mesmo tempo, a melhor contribuição para a empresa.

Slack *et al.* (2013, p. 236-237) abordam o gerenciamento da cadeia de suprimentos com indagações organizadas de tal forma que elucidam o entendimento não só do conceito da cadeia de suprimentos, como também o de sua gestão.

Por exemplo, como deveriam ser gerenciados os relacionamentos da cadeia de suprimentos? Em resposta a essa pergunta, os autores argumentam que “o relacionamento entre as operações numa cadeia de suprimentos é a base sobre a qual a troca de produtos, de serviços, de informações e dinheiro é conduzida” (SLACK *et al.*, 2013, p. 248).

Acrescentam, ainda, a tipificação dos relacionamentos – “transacionais”, baseados no mercado, e as relações de “parceria” de longo prazo.

Ao exame desses dois tipos de relacionamentos, percebe-se que uma organização dificilmente optará exclusivamente por um deles, apesar de que as relações de parcerias de longo prazo intenciam a obtenção de melhores resultados, pois, desse relacionamento, espera-se a cooperação tanto dos clientes quanto dos fornecedores.

Slack *et al.* (2013) afirmam que o grau dos relacionamentos é influenciado por diversos fatores. Dentre eles, destacam-se: o compartilhamento do sucesso; as expectativas em longo prazo; a comunicação acontece não apenas pelos canais formais e de forma temporária; o aprendizado ocorre por meio da experiência um do outro; assumem limitar a quantidade de clientes ou fornecedores; dividem a

coordenação das atividades dos fluxos de materiais ou serviços; resolvem os problemas conjuntamente; e, em função dessas atitudes, desenvolvem a confiança, elemento chave nos relacionamentos de parcerias.

Assim, entende-se que a existência da cadeia de suprimentos, bem como o seu gerenciamento, é dependente dos resultados dos relacionamentos que obrigatoriamente ocorrem de montante a jusante, e essa característica pode corroborar para a busca de melhores resultados quando alinhada aos preceitos da cadeia de suprimentos verde.

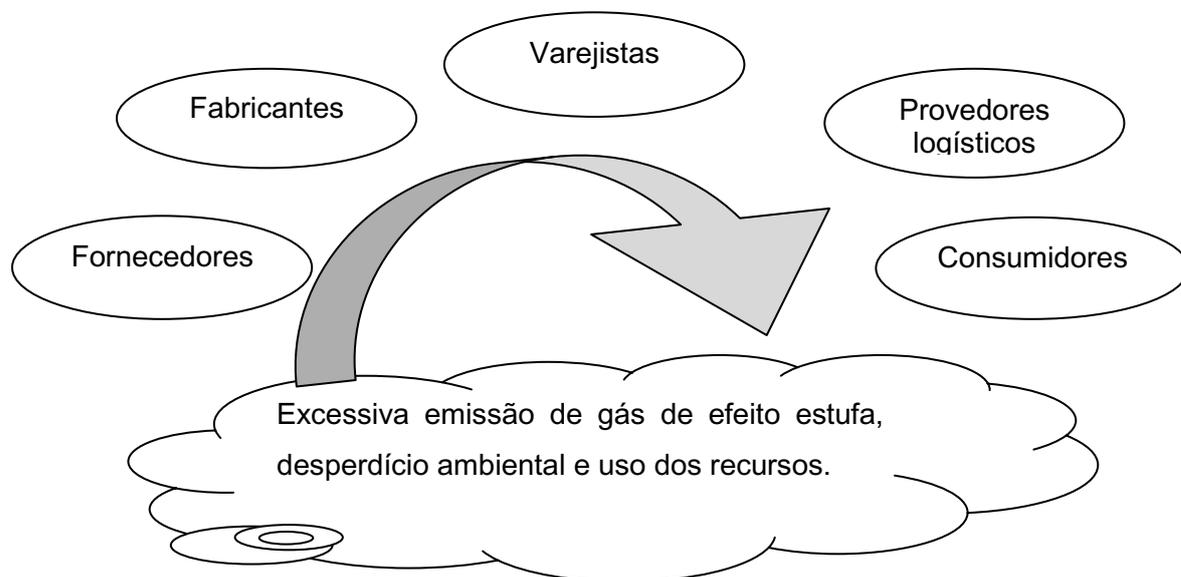
Da mesma forma que existe espaço conceitual entre cadeia produtiva e cadeia de suprimentos, também existe entre os conceitos de cadeia de suprimentos tradicional e os conceitos da cadeia de suprimentos verde, que não se resumem em pintar tudo na cor verde.

Emmett e Sood (2010, p. 9) comentam que, na cadeia de suprimentos tradicional, o fluxo de materiais e informações é linear de ponta a ponta, e que tanto a colaboração quanto a visibilidade são limitadas.

Os autores acrescentam que cada participante da cadeia possui pouca ou nenhuma informação sobre a pegada de carbono e a emissão de gases dos demais integrantes da mesma cadeia de suprimentos, pois acreditam que este participante preocupa-se apenas com sua parcela de contribuição para a preservação do meio ambiente.

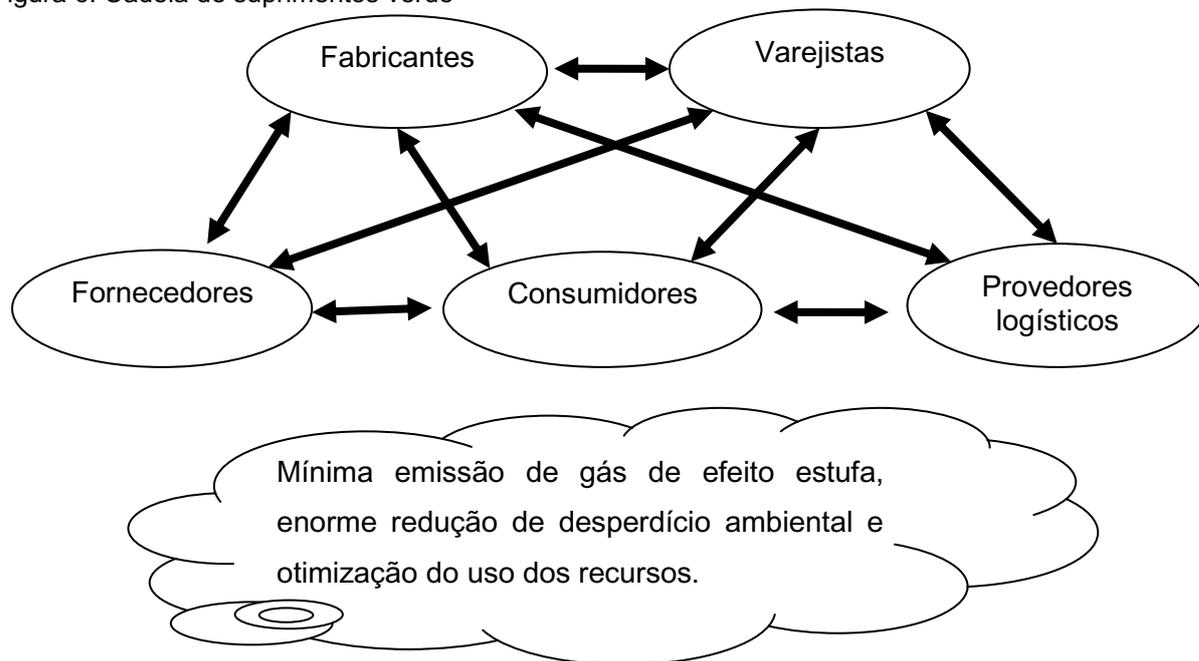
Nesse contexto, a Figura 5 representa graficamente uma cadeia de suprimentos tradicional, e a Figura 6, uma cadeia de suprimentos verde, respectivamente.

Figura 5: Cadeia de suprimentos tradicional



Fonte: Adaptado de Emmett e Sood (2010, p. 9)

Figura 6: Cadeia de suprimentos verde



Fonte: Adaptado de Emmett e Sood (2010, p. 10)

Expandindo a busca sobre o conceito de cadeia de suprimentos verde, encontram-se autores que afirmam:

A cadeia de suprimentos verde é uma prática cada vez mais amplamente difundida entre as empresas que buscam melhorar o seu desempenho ambiental. A motivação para a introdução do gerenciamento da cadeia de suprimentos verde pode ser ética (por exemplo, refletindo os valores de gerentes) e/ou comercial (por exemplo, ganhar uma vantagem competitiva sinalizando preocupação ambiental) (TESTA; IRALDO, 2010, p. 1).

Em consonância com Testa e Iraldo (2010), Emmett e Sood (2010) identificaram alguns dos principais diferenciais da cadeia de suprimentos verde:

- O comprometimento da alta direção com uma cultura de melhoria contínua e a inovação colaborativa rumo a uma cadeia de suprimento verde.
- Permitir que todos os parceiros da cadeia de suprimentos desempenhem um papel na criação de especificações, opções, e examinem alternativas durante a fase de concepção do produto.
- O uso eficiente da tecnologia para capturar dados, elaborar e executar cenários, comunicar informações e tomar decisões.
- Remover e deixar de usar estratégias de mentalidades tradicionais que criam parâmetros rígidos para a coleta, disseminação e análise de informações.
- Fazer da sustentabilidade uma questão de custo, bem como uma questão de responsabilidade social da empresa (EMMETT; SOOD, 2010, p. 10).

Considerando tais diferenciais, percebe-se que, em uma organização socioprodutiva comprometida com a sustentabilidade, o processo para a adoção de uma cadeia de suprimentos verde deve ocorrer de cima para baixo, o que não deveria ser difícil, aceitando-se a sugestão de tratar a sustentabilidade como uma questão de custos, ao assumir e atender sua responsabilidade social.

Para a gestão de uma cadeia de suprimentos, seja ela verde ou tradicional, existe a necessidade do bom desempenho das atividades da logística empresarial, sendo consideradas principais aquelas necessárias aos fluxos de informações, materiais e capital.

É por meio desses fluxos que se consolida a eficiência da logística empresarial que, além de contributiva, mostra-se essencial para a obtenção de bons resultados no gerenciamento da cadeia de suprimentos.

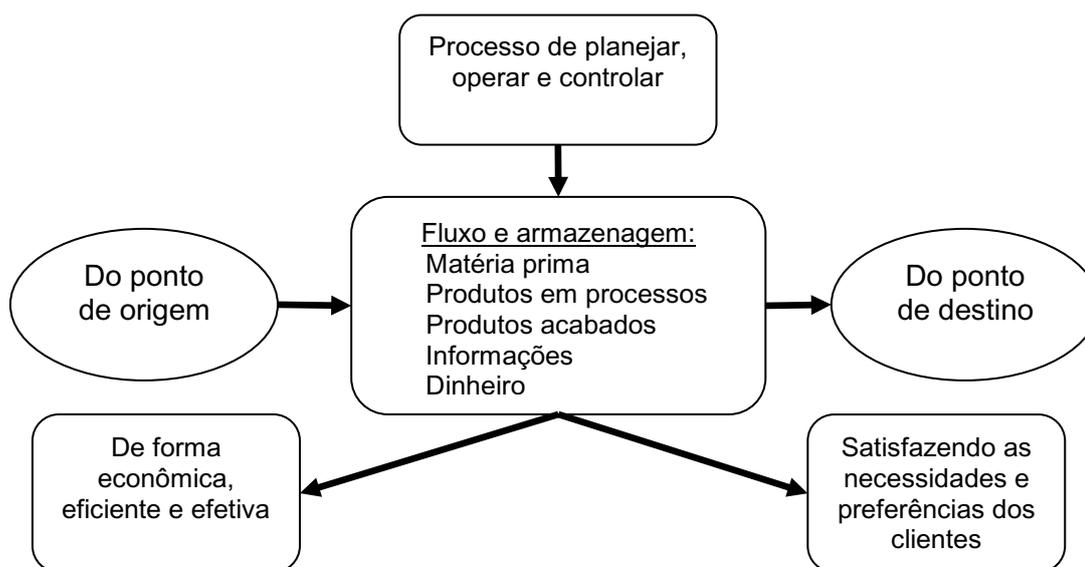
2.5 Logística Direta

Segundo Novaes (2001, p. 31-32), “Na sua origem, o conceito de Logística estava essencialmente ligada às operações militares [...]. Por se tratar de um serviço de apoio [...] os grupos logísticos trabalhavam quase sempre em silêncio”.

Nesse sentido, pode-se entender a possível causa de a logística, apesar de ser milenar, ter sido reconhecida como função empresarial tão recentemente.

De forma clara e reduzida, Novaes (2001) apresenta por meio de mapa sinóptico os principais elementos conceituais da logística, conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7: Elementos básicos da Logística



Fonte: Novaes (2001, p. 36)

Ao analisar os elementos da logística apresentados na Figura 7, observa-se que eles foram dispostos em consonância com as normas do *Council of Logistics Management*, o que facilita o entendimento do conceito de logística:

Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes (CLM, 1962 *apud* BALLOU, 2006, p. 27).

Conforme essa definição, entende-se que a logística tem papel de extrema importância no processo de atendimento das necessidades dos clientes, no sentido de prover os recursos e os meios necessários para levar o objeto de desejo de sua origem até o seu destino de consumo, que poderá ou não ser seu final se for considerado o conceito de sustentabilidade.

Para Ballou (1993, p. 24):

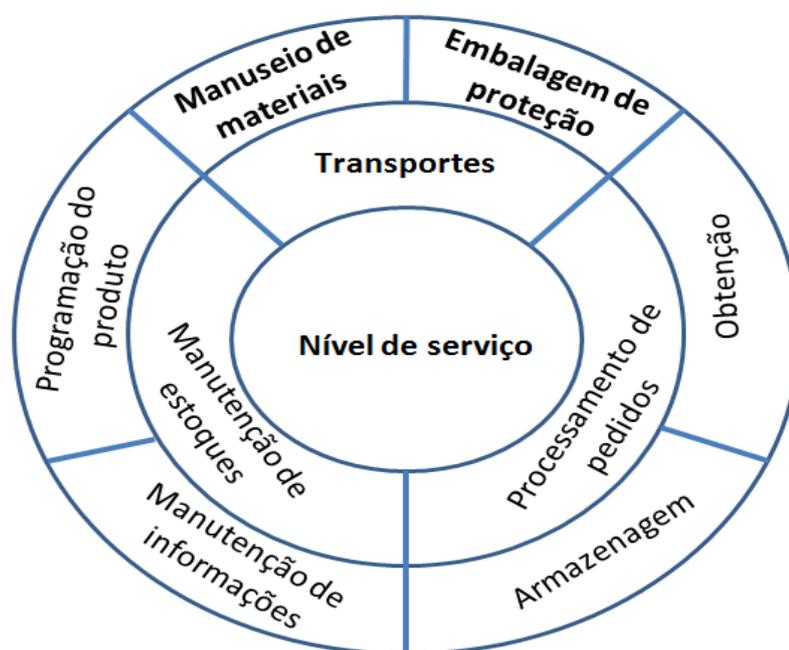
Logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Nessa perspectiva, Ballou (1993) enfatiza que o termo produto abrange tanto bens quanto serviços e analisa a logística com foco em suas atividades, além de destacar as atividades primárias para o atingimento dos objetivos logísticos de custos e nível de serviço, sendo elas: transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos.

Com esse enfoque, identifica-se a principal motivação para a realização deste trabalho quanto ao objetivo geral, ou seja, analisar as principais variáveis que direcionam as atividades da Logística Verde e a sua relação com o modal rodoviário na estratégia de tomada de decisão.

Embora haja tendências em focar apenas as atividades mais relevantes, Ballou (1993) destaca também as atividades que classifica como sendo as de apoio, ao mesmo tempo em que apresenta, conforme a Figura 8, as relações entre as atividades primárias e as de apoio em função do nível de serviço pretendido.

Figura 8: Relações entre as atividades logísticas primárias e de apoio e o nível de serviço almejado



Fonte: Ballou (1993, p. 26)

2.5.1 Logística interna

De acordo com Dornier *et al.* (2000, p. 39):

Logística é a gestão de fluxos entre funções de negócio. A definição atual de logística engloba maior amplitude de fluxos que no passado. Tradicionalmente, as companhias incluíam a simples entrada de matérias primas ou fluxo de saída de produtos acabados em sua definição de logística. Hoje, no entanto, essa definição expandiu-se e inclui todas as formas de movimentos de produtos e informações [...].

Dornier *et al.* (2000, p. 43) afirmam, quando discutem o impacto dos fatores ambientais na gestão do fluxo, que “quatro forças dirigem as mudanças do ambiente do negócio: o mercado, a concorrência, a evolução tecnológica e a regulamentação governamental”.

Assim, em função dessas forças e tendo como base as atividades atribuídas à logística, os fatores ambientais e a complexidade de suas inter-relações, encontram-se autores que dividem a logística em interna e externa, principalmente se o enfoque for gestão de fluxos, sendo estes, de acordo com Novaes (2001), os fluxos de informações, fluxos de materiais e fluxos de dinheiro.

Novaes (2001) afirma que, associados a esses fluxos, estão a armazenagem de matéria-prima, os materiais em processamento e os produtos acabados.

Nesse contexto, a logística interna cuida das atividades de programação, obtenção, recebimento, armazenagem, embalagem de proteção, manuseio de materiais, separação para distribuição, além das informações a elas associadas.

De forma um pouco mais abrangente, Dornier *et al.* (2000) apresentam sua versão sobre o assunto considerando os fluxos diretos e reversos, de forma que se visualize a conexão entre eles, conforme se observa no Quadro 1.

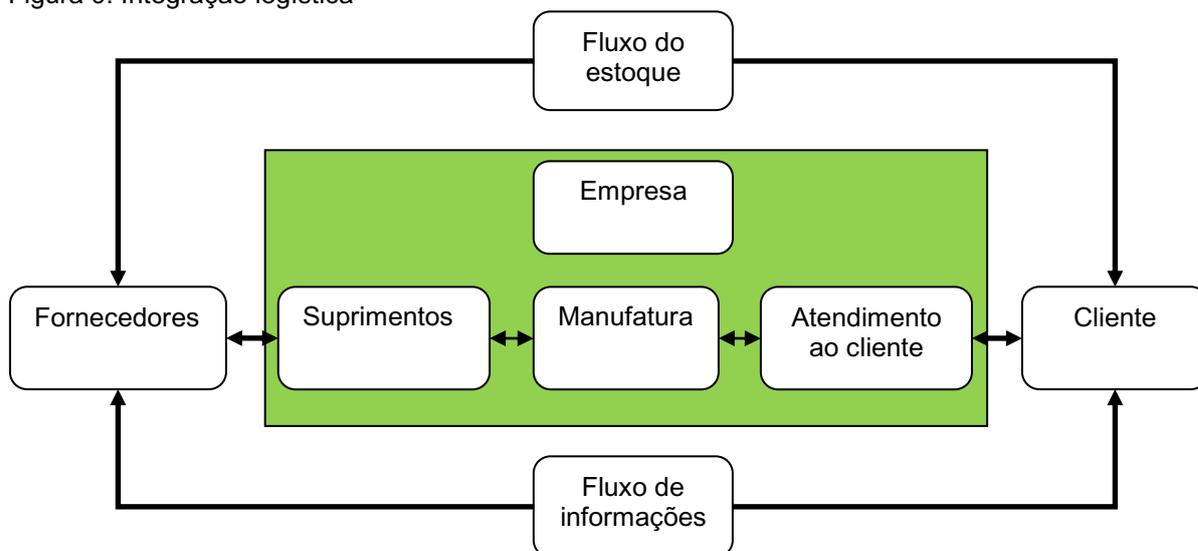
Quadro 1: Diferentes tipos de fluxos

Fluxos	Logística Interna	Logística Externa
Fluxos Diretos	<ul style="list-style-type: none"> • Interplantas • Planta/armazém 	<ul style="list-style-type: none"> • Com fornecedores (fornecimento de materiais e componentes) • Com clientes (produtos, peças de reposição, materiais promocionais e de propaganda)
Fluxos Reversos	<ul style="list-style-type: none"> • Armazém/armazém 	<ul style="list-style-type: none"> • Com fornecedores (embalagem, reparo) • Com fabricantes (eliminação, reciclagem) • Com clientes (excesso de estoque e reparos)

Fonte: Adaptado de Dornier *et al.* (2000, p. 42)

Bowersox *et al.* (2014, p. 41) afirmam: “A informação vinda dos clientes e sobre eles flui por toda a empresa na forma da atividade de venda, das previsões e dos pedidos.” É isso que determina o escopo operacional interno das operações logísticas integradas, que pode ser visualizada na área sombreada da Figura 9.

Figura 9: Integração logística



Fonte: Adaptado de Bowersox *et al.* (2014, p. 42)

Com foco na logística interna, Bowersox *et al.* (2014) enfatizam as atividades voltadas ao relacionamento com os clientes, destacando o recebimento e o processamento de pedidos, o manuseio e o transporte de saída de uma cadeia de suprimentos.

Quanto à manufatura, mencionam as atividades relacionadas ao planejamento e à programação da manufatura. Concluem com as atividades relacionadas aos suprimentos, com ênfase na obtenção de materiais e produtos de fornecedores externos.

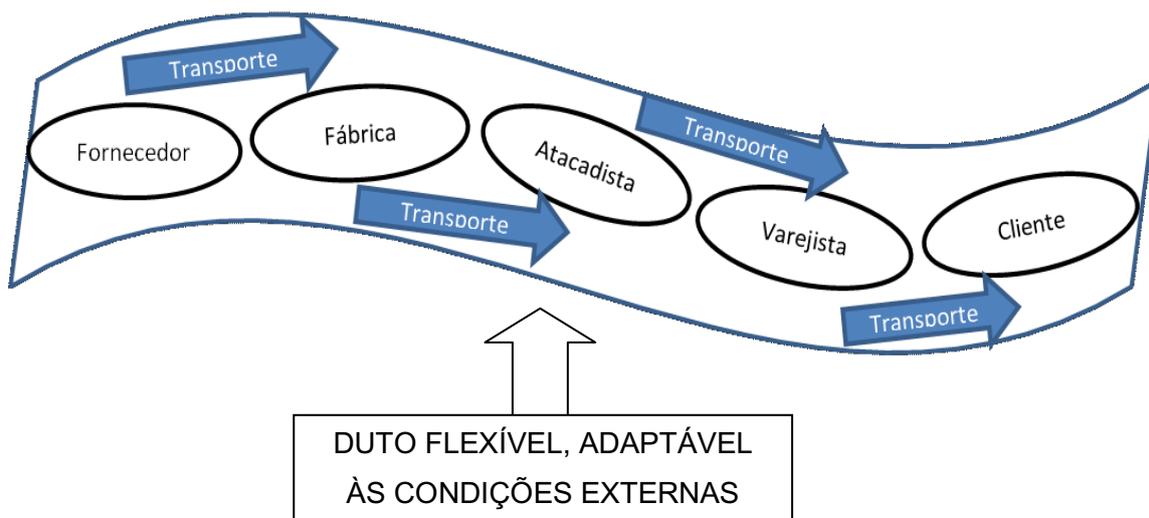
2.5.2 Logística externa

Novaes (2001) divide o processo da evolução da logística em quatro fases, sendo que, na primeira delas, a atuação é segmentada; na segunda fase, a integração é rígida; na terceira, a integração é flexível; e na última fase, a integração é estratégica.

“Nas três primeiras fases da Logística, a integração entre os vários agentes da cadeia de suprimento se dava em termos puramente físicos e operacionais: troca de informações, fluxo de produto e dinheiro, acerto de preços e responsabilidade” (NOVAES, 2001, p.48).

Na quarta fase, as empresas da cadeia de suprimentos tratam a logística de forma estratégica. A Figura 10 simboliza a terceira fase da logística onde, de acordo com esse autor, o foco se volta para a satisfação do cliente, fato este que requer maior atenção para as atividades da logística externa.

Figura 10: Terceira fase da logística



Fonte: Adaptado de Novaes (2001, p. 47)

Como atividade principal da logística externa, identifica-se a logística de distribuição física.

Distribuição física é o ramo da logística empresarial que trata da movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da firma. Costuma ser a atividade mais importante em termos de custo para a maioria das empresas, pois absorve cerca de dois terços dos custos logísticos (BALLOU, 1993, p. 40).

Ballou (1993) ressalta que a distribuição física tem como preocupação básica os produtos acabados ou semiacabados, pois desde a finalização das operações da manufatura até a entrega nas mãos dos compradores, tais bens são de responsabilidade da logística.

Dornier *et al.* (2000, p. 307), quando discutem os canais de distribuição, afirmam:

Em qualquer setor econômico, o número enorme de possíveis canais de distribuição une uma série de fabricantes, distribuidores, atacadistas, representantes de vendas e outros. Essa complexidade torna impossível construir um único canal de distribuição física. Ao contrário, devem criar canais diferenciados em um modelo de famílias logísticas.

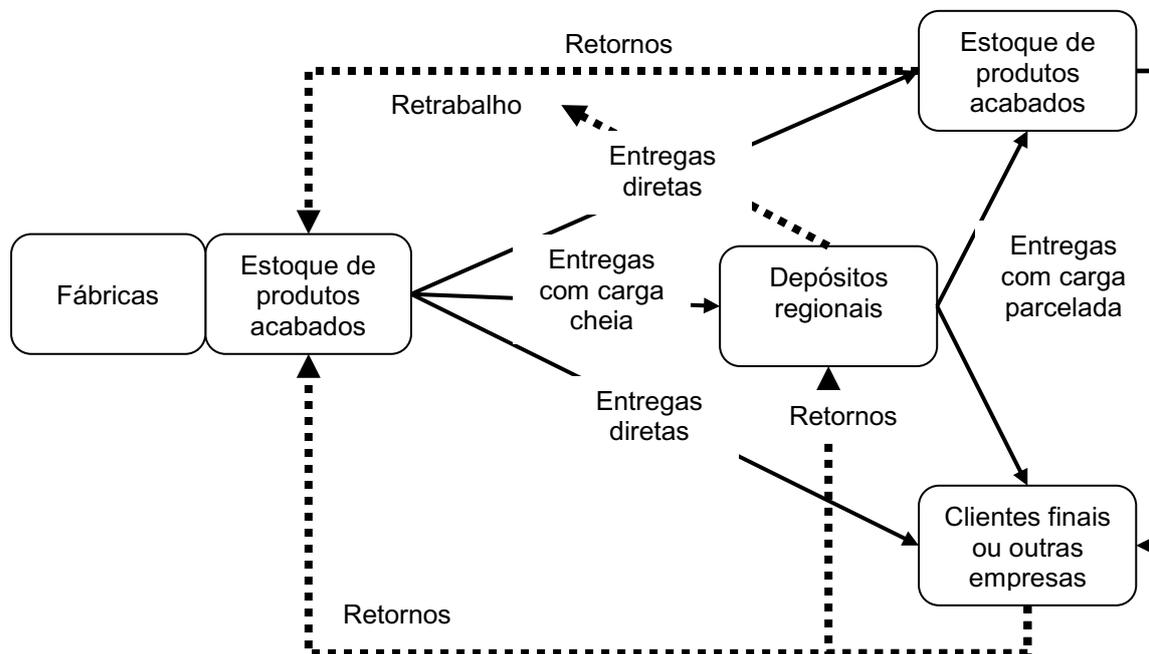
Esses autores definem famílias logísticas como sendo o agrupamento de produtos em categorias homogêneas. Para a família logística, deve ser criado um caminho logístico com o objetivo de aperfeiçoar os fluxos totais.

Afirmam ainda que, na logística de distribuição, os critérios para segmentação de famílias logísticas são o perfil da ordem e o prazo de entrega, que depende do modal de transporte e da posição do estoque.

Percebe-se que há certa complexidade quando se estuda a distribuição física, pois quando se consideram as alternativas para afiançar o nível de serviço em função da disponibilidade de produtos para clientes, torna-se necessário pensar em como tudo poderá ser feito com o menor custo possível.

De forma simplificada, Ballou (1993) apresenta alternativas básicas de distribuição com foco nos fluxos típicos no canal de distribuição, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Fluxos típicos no canal de distribuição



Fonte: Adaptado de Ballou (1993, p. 41)

Fazendo a leitura dos componentes da Figura 11, identifica-se o atendimento do cliente final ou outras empresas de forma direta e/ou por meio de intermediários, com a opção de entregas via depósitos regionais.

Em função de variáveis internas e/ou externas à atividade de distribuição física, surge a necessidade do retorno de produtos às fábricas, dando origem à Logística Reversa, importante ferramenta estratégica adotada pelas organizações socioprodutivas comprometidas com a sustentabilidade ambiental.

2.6 Logística Reversa

No princípio, não existia a preocupação com o retorno da grande maioria de produtos que saíam das fábricas para as casas dos consumidores. Embora remontem de muitos anos algumas práticas que utilizam a devolução da embalagem ao fabricante de forma natural, ou seja, o retorno da embalagem ocorre não por questão de consciência e/ou preocupação com o meio ambiente, mas por

consequências provocadas por redução de custos e/ou limitações tecnológicas do passado.

Percebe-se tal situação no retorno do vasilhame de certas bebidas, em que o valor cobrado dos usuários desse tipo de embalagem refere-se apenas ao valor do líquido, ou seja, desconta-se o valor da embalagem; logo, o foco da operação é o custo.

Ao exercitar essa prática, diversas atividades são obrigatoriamente disparadas; dentre elas, a de transporte, responsável por levar o produto pós-consumo ao ponto de processamento/reprocessamento. Nesse sentido, pode-se dizer que a Logística Reversa está sendo aplicada.

De acordo com CLM (1993, p. 323, *apud* Pereira *et al.*, 2012, p. 13), “Logística reversa é um termo relacionado às atividades envolvidas no gerenciamento da movimentação e disposição de embalagens e resíduos”.

Leite (2009) caracteriza a Logística Reversa em duas partes, sendo uma a logística reversa de pós-consumo, que define como:

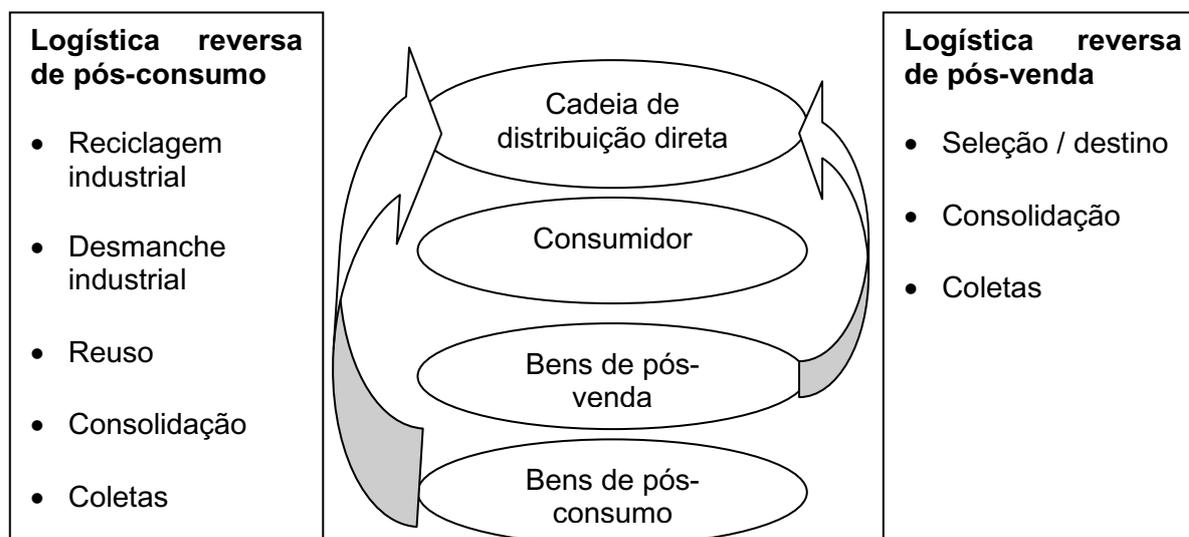
A área de atuação da logística reversa que equaciona e operacionaliza igualmente o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral, que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio dos canais de distribuição reversos específicos (LEITE, 2009, p. 18-19).

A outra parte, denominada de logística reversa de pós-venda, é definida como sendo:

A área de atuação específica que se ocupa do equacionamento e da operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, não usados ou com pouco uso, os quais, por diferentes motivos, retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta, que se constituem de uma parte dos canais reversos pelos quais esses produtos fluem. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto logístico que é devolvido por razões comerciais, erro no processamento dos pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, entre outros motivos (LEITE, 2009, p. 18)

Para ilustrar tais definições de Logística Reversa, o autor apresenta os conceitos correspondentes através da Figura 12.

Figura 12: Logística Reversa – área de atuação e etapas reversas



Fonte: Leite (2009, p. 19)

A Logística Reversa ganhou aceitação entre as empresas, pois, dentro dela, pode-se discutir a importância dos transportes, das atividades de reciclagem e da disposição de resíduos (FONTANA; AGUIAR, 2001, p. 213).

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define Logística Reversa como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (fragmento da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 – PNRS).

Nesse sentido e com base na tipologia da Logística Reversa, Leite (2009) destaca que, dentre os objetivos estratégicos de revalorização dos bens de pós-venda, pode-se considerar a revalorização econômica dos bens retornados, o respeito e a obediência às legislações ecológicas e a busca de competitividade, por meio da diferenciação de serviços.

Percebe-se então que as empresas que tiverem visão estratégica e apostarem em tomadas de decisão que as tornem visíveis como organizações preocupadas com a preservação ambiental, estarão um passo à frente das demais.

Considerando os conceitos de Logística Reversa apresentados e as definições de outros autores, não é difícil aceitar que ela em muito contribui para o desenvolvimento sustentável, ficando clara sua importância e relevância para a Logística Verde, conforme declara Maquera (2012).

2.7 Logística Verde

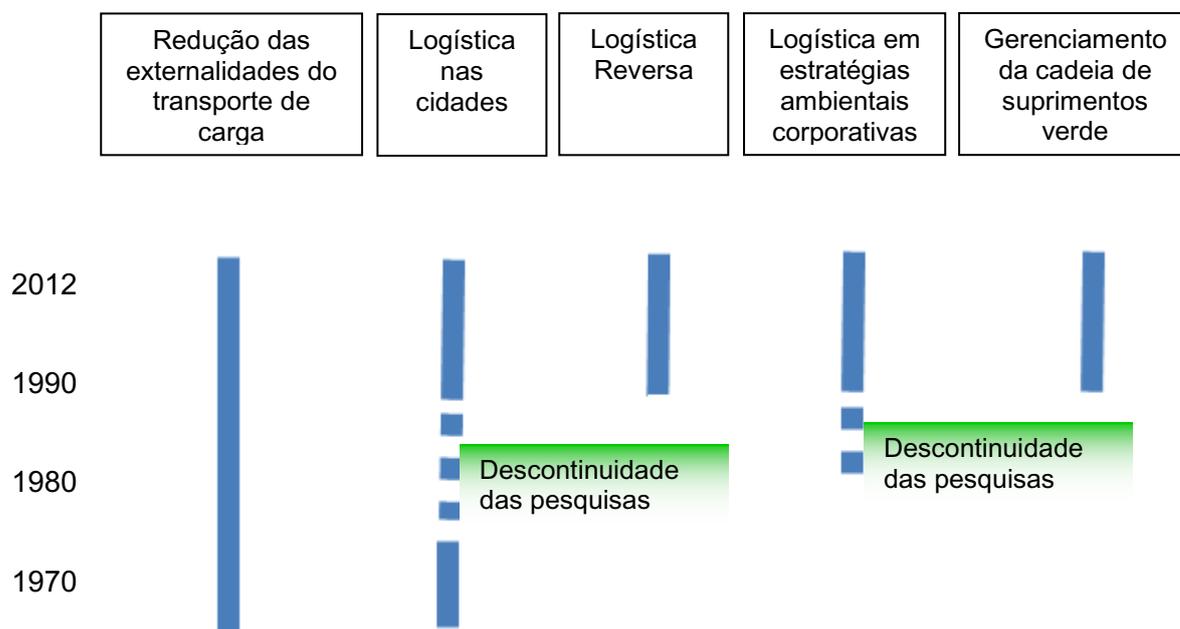
Mckinnon (2012, p. 5) afirma: “É muito difícil decidir quando as pesquisas sobre Logística Verde começaram. Um possível ponto de partida seria a primeira publicação sobre um tema ambiental em periódicos de logística convencional”.

Mas, se assim o fosse, estaria ignorando as diversas pesquisas realizadas sobre os efeitos ambientais causados pelo setor de transporte antes de a logística ter sido considerada um campo de pesquisa e de estudos acadêmicos.

“O que hoje se chama de logística verde representa a convergência de várias vertentes de pesquisas iniciadas em diferentes tempos nos últimos quarenta anos” (MCKINNON, 2012, p. 5).

Essas vertentes apresentam-se em cinco títulos: redução das externalidades do transporte de carga, logística nas cidades, logística reversa, logística em estratégias ambientais corporativas e gerenciamento da cadeia de suprimentos verde. Observa-se que, na Figura 13, o autor demonstra de forma cronológica a evolução das pesquisas em cada um dos tópicos.

Figura 13: Evolução de pesquisas em Logística Verde



Fonte: Adaptado de Mckinnon (2012, p. 6)

Da leitura da Figura 13, constata-se que as primeiras pesquisas sobre logística envolvendo o modal de transporte estão registradas de forma contínua, tendo como marco inicial as pesquisas sobre as externalidades do transporte de carga desde 1970.

Tais pesquisas foram motivadas pelo crescimento do número de caminhões em uma época em que esses veículos emitiam ruídos em nível muito elevado se comparados ao nível de ruído atual, e sua grande maioria foi desenvolvida na Inglaterra, com o objetivo de estudar os impactos ambientais gerados localmente pelos caminhões.

As pesquisas sobre a logística nas cidades tiveram início na década de 1970. Sua principal motivação foi a logística de distribuição nos centros urbanos, tais como Londres e Chicago, devido à quantidade de fretes realizados. Na década de 1980, período considerado como sendo de consolidação das pesquisas sobre fretes urbanos, esses estudos foram descontinuados.

A partir de 1990, registra-se a retomada das pesquisas sobre logística nas cidades de forma contínua. Os estudos sobre Logística Reversa também tiveram início nessa década, impulsionadas pela Conferência do Meio Ambiente e

Desenvolvimento, promovida pela Organização das Nações Unidas na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, quando as empresas e os governos davam início ao gerenciamento do retorno dos descartáveis à cadeia de suprimentos, em prol da sustentabilidade ambiental.

Em meados de 1980, de forma segmentada, iniciaram-se as pesquisas sobre Logística em estratégias ambientais corporativas, uma vez que as organizações socioprodutivas eram pressionadas pelos governos e por protestos públicos, ou seja, as empresas atuavam de forma reativa aos aspectos ambientais.

A partir de 1990, como estratégia corporativa, as empresas começaram a criar políticas voltadas aos cuidados com o meio ambiente, tendo como marco as normas ISO 14.000, que tiveram como objetivo garantir a prática da gestão ambiental.

As pesquisas envolvendo o gerenciamento da cadeia de suprimentos verde surgem em meados da década de 1990, baseadas no reconhecimento de que os impactos ambientais gerados por uma empresa individualmente se expandem para além de suas fronteiras, ao longo da cadeia de suprimentos em que está inserida.

Além dessa demonstração gráfica, Mckinnon (2012) apresenta três tendências para as pesquisas em Logística Verde:

- Do público para o privado;
- Do operacional para o estratégico; e
- Do local para o global.

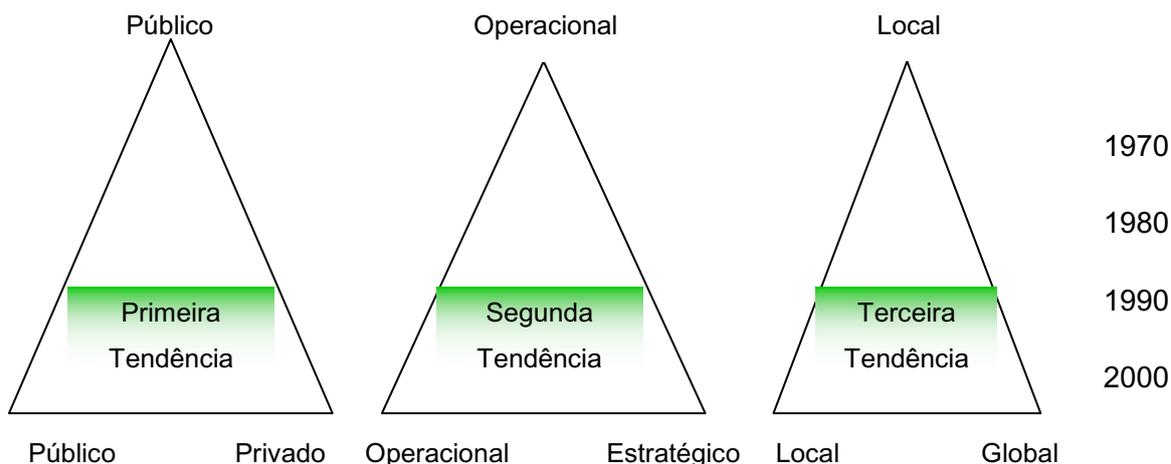
O autor comenta que, na primeira tendência, as pesquisas eram patrocinadas pelo governo em razão da pressão de grupos de ambientalistas. Com o passar do tempo, o setor privado, em função do seu crescimento, se uniu ao setor público para dar início à formulação de estratégias ambientais de interesse mútuo e da área da logística.

A segunda tendência tem sido a alteração do compromisso operacional com a Logística Verde para o compromisso com o planejamento ambiental estratégico.

A tendência seguinte demonstra que, nas décadas de 1960 e 1970, a principal preocupação com o meio ambiente era local e com foco na poluição do ar, no ruído, na vibração, nos acidentes e na intrusão visual.

A partir da década de 1980, a preocupação com a camada de ozônio e com as chuvas ácidas demonstrou que as atividades logísticas poderiam causar impactos extensivos geograficamente ao meio ambiente, passando do local para o global. Tais ponderações podem ser observadas na Figura 14.

Figura 14: Três tendências de pesquisas sobre Logística Verde



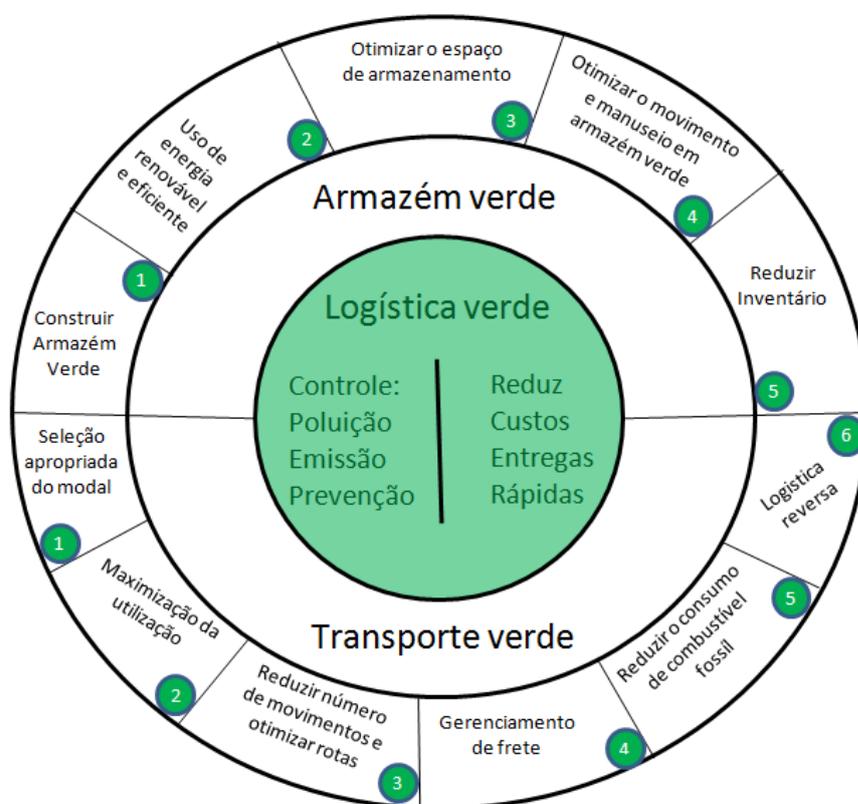
Fonte: Adaptado de Mckinnon, Browne e Whiteing (2012, p. 6)

Emmett e Sood (2010) destacam como desafios para a Logística Verde os custos e suas externalidades, o tempo de resposta, a flexibilidade e a redução de inventários, e o excesso de movimentação de produtos em razão da personalização.

Os autores complementam, na seção “Rumo à Logística Verde”, que tais desafios não devem agir como fatores inibidores para o desenvolvimento de pesquisas sobre Logística Verde; na verdade, eles acreditam que essa jornada não é apenas possível, mas necessária.

Em função dessa necessidade, Emmett e Sood (2010) apresentam o que chamam de a roda da Logística Verde, que contempla ações e sugere resultados para as atividades de armazenagem e transportes verdes (Figura 15).

Figura 15: Roda da Logística Verde



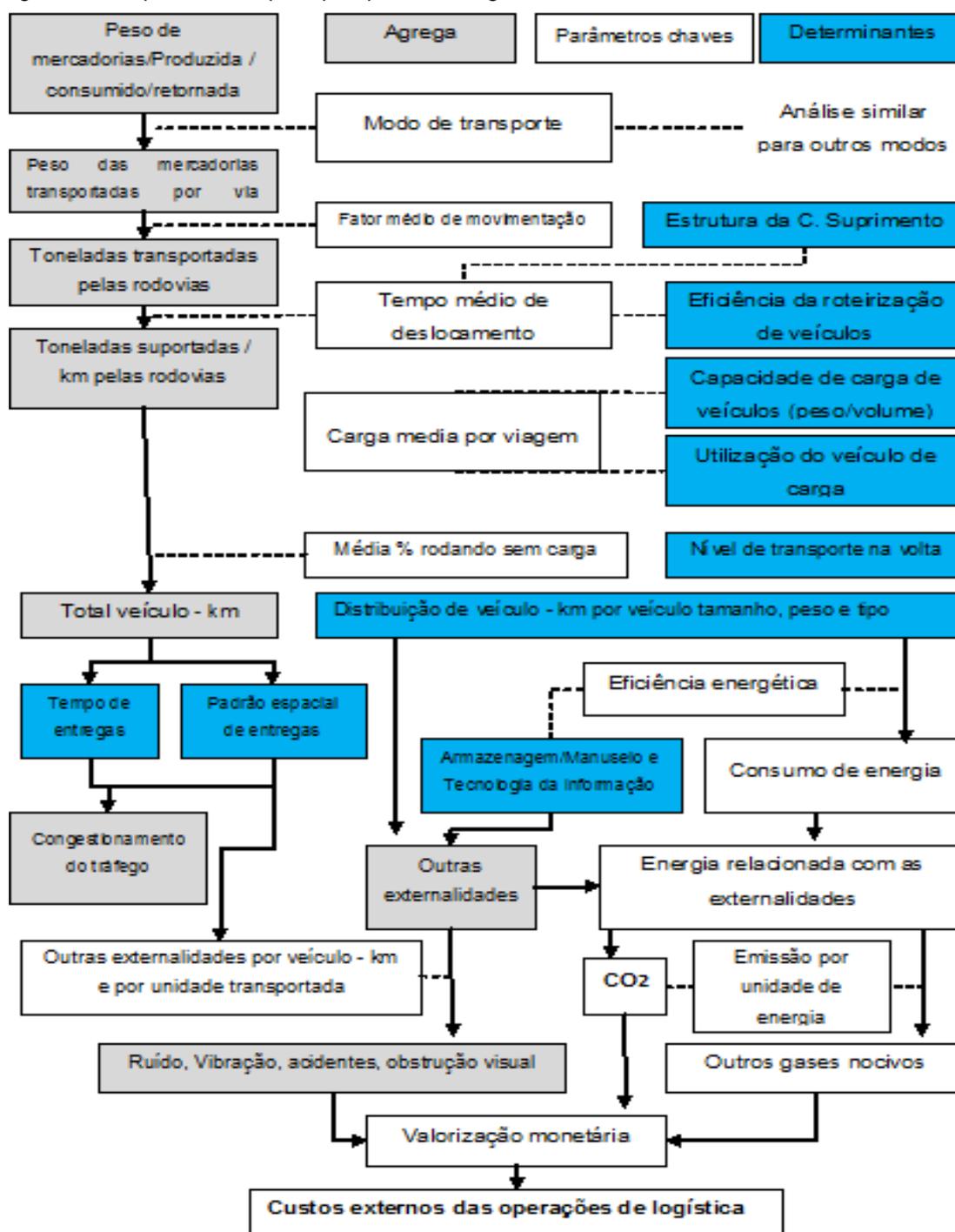
Fonte: Adaptado de Emmett e Sood (2010, p. 132)

Mckinnon (2012), após realizar uma revisão histórica de tudo o que já foi estudado e publicado sobre Logística Verde, apresenta um cenário para o futuro mencionando estudos empreendidos com o intuito de saber para quão “verde” as companhias evoluirão nas próximas décadas. Baseado em resultados de pesquisa realizada com 48 especialistas de 20 países, o autor constata que o grande desafio será a redução da emissão de CO₂ e que, por volta do ano de 2030, o desenho da cadeia de suprimentos e a localização de instalações serão fortemente influenciados pelo custo da energia e do carbono (PWC; SCMI, 2009).

Tendo como referência os resultados de pesquisa realizada em 2012 pela *Deutsche Post/DHL*, envolvendo um conjunto de cinco cenários sobre como será a vida no ano de 2050, destaca-se um deles, intitulado “Megaeficiência em megacidades”, que é caracterizado pelo novo, por estruturas urbanas mais sustentáveis, pelo aumento do verde e pela alta eficiência em carbono, pela produção e pela logística. Por outro lado, visualiza-se um cenário catastrófico no qual, por volta de 2100, o planeta contará com nove bilhões de pessoas e um

acréscimo de 6° C em sua temperatura. A fim de evitar este panorama, sugere-se um modelo de pesquisa que considere os efeitos ambientais e seu custo, conforme demonstrado na Figura 16, que aponta os principais efeitos das atividades do modal rodoviário.

Figura 16: Mapa analítico para pesquisa em Logística Verde



Fonte: Adaptado de Mckinnon (2012, p.20)

Considerando o mapa analítico para pesquisa em Logística Verde apresentado por meio da figura acima, percebe-se que cada um dos parâmetros-chave constitui-se numa variável específica do modal rodoviário.

De acordo com esse mapa, parte-se da tomada de decisão sobre o modo de transporte a ser utilizado a partir das características do objeto a ser transportado, tendo como referência o peso e a distância. Os demais parâmetros-chave relacionam-se com os determinantes envolvendo, dentre outros, a estrutura da cadeia de suprimentos.

Observa-se ainda que o fluxo apresentado no mapa relaciona a eliminação de desperdícios, contemplando o tempo médio de deslocamento, a carga média por viagem, a média percentual de rolagem sem carga com a eficiência energética, a energia relacionada com as externalidades e as emissões de poluentes para atingir a valorização monetária para, assim, apurar os custos das operações logísticas.

Por ser a Logística Verde um conceito ainda incipiente, conforme declara Mckinnon (2012), a gestão da tecnologia e inovação a ela aplicada poderá ser um diferencial para as organizações socioprodutivas que vierem a adotá-la.

Assumindo-se que a inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito das mesmas, de acordo com afirmação de Tidd, Bessant e Pavitt (2008), verifica-se a oportunidade de estudar a aplicação de *software* simulador buscando o estabelecimento de relações entre as atividades de transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos.

Conhecer os possíveis resultados sem a necessidade de investimentos reais quando da tomada de decisão é o objetivo dos programas de computador desenvolvidos para a simulação.

De acordo com Di Serio e Vasconcellos (2009, p. 105):

Os CEOs de muitas companhias reconhecem a importância da inovação, mas poucas empresas são capazes de avaliar com objetividade a forma e os resultados da gestão da inovação. Isso porque a inovação, com frequência, é vista apenas como sinônimo de desenvolvimento de novos produtos ou mesmo como esforços tradicionais de P&D.

O fato de a inovação ser vista apenas como sinônimo de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) pode retardar em muito a utilização de ferramentas e técnicas

inovadoras, tais como os *softwares* de simulação para obtenção de inovação incremental.

Nesse sentido, é válida a aplicação de *software* simulador como apoio à tomada de decisão por empresas com vocação à prática de Logística Verde por meio de atividades inovadoras.

Conforme o desenvolvedor do *software* simulador Arena declara em seu *site*:

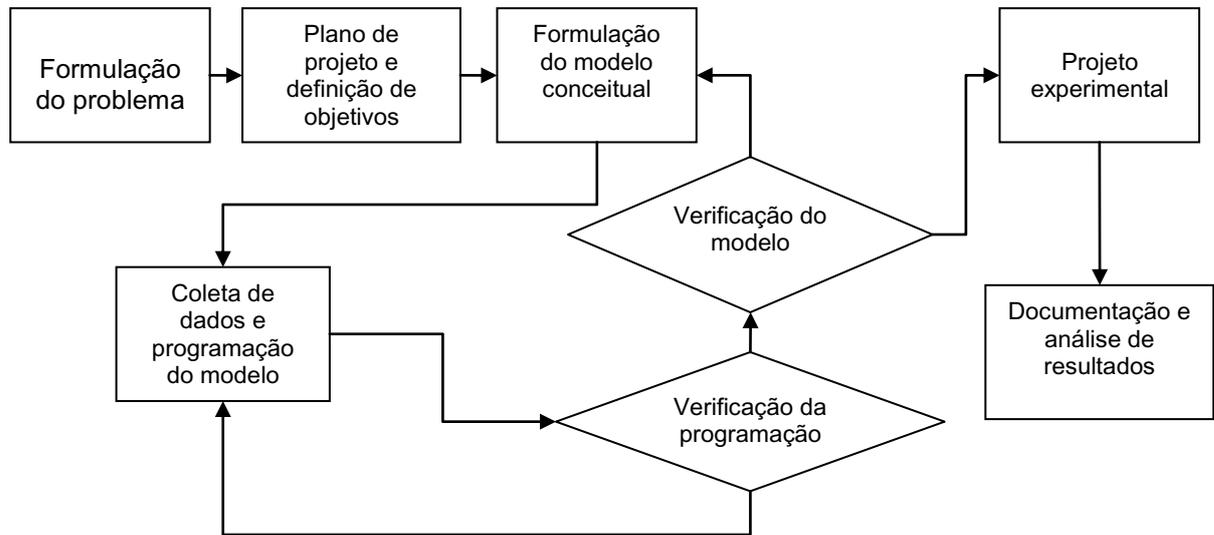
A simulação computacional de sistemas, ou apenas simulação, consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ou seja, é o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos (PARAGON, 2015).

Os *softwares* simuladores oferecem vantagens quando da construção de modelos a serem simulados, visto que são projetados e escritos com interfaces amigáveis e de fácil utilização, muitas vezes em modos intuitivos, considerando o conhecimento do sistema ou processo a ser simulado.

Como desvantagens dos *softwares* simuladores, tem-se o fato de os mesmos apresentarem menor flexibilidade para representar detalhes do sistema real e restrições para realizar experimentos em condições muito específicas.

Em trabalho sobre a aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços, Sakurada e Miyake (2009) apresentam o processo de modelagem num estudo de simulação, aqui representado como referência de lógica de aplicação da técnica de simulação em apoio à tomada de decisão (Figura 17).

Figura 17: Processo de modelagem num estudo de simulação



Fonte: Sakurada e Miyake (2009, p. 27)

As dimensões e natureza estudadas pela logística demonstram as características das atividades logísticas desde os serviços oferecidos aos clientes até a variabilidade em função da complexidade para a sincronização da execução das atividades de forma integrada.

Para a eliminação de desperdícios e conseqüente mudança da forma convencional de praticar as atividades da logística, utilizar *softwares* de simulação pode ser uma interface inovadora com o intuito de migrar para a Logística Verde.

Rodrigue, Slack e Comtois (2001) afirmam que, se as características básicas de logística dos sistemas de transporte são analisadas considerando-se as compatibilidades ambientais, algumas inconsistências se tornam evidentes.

Conforme ilustrado pelo Quadro 2, os autores apresentam tais inconsistências evidenciando-as como paradoxos.

Quadro 2: Paradoxos da Logística Verde

Dimensão	Evolução	Paradoxo
Custos	Redução de custos através de melhoria na embalagem e redução de desperdícios. Os benefícios são derivados pelas distribuidoras	Os custos ambientais são, muitas vezes, externalizados
Tempo / Flexibilidades	Cadeias de suprimentos integradas; JIT; porta a porta; provê sistemas de distribuição física, flexíveis e eficientes	Postergação de produção, distribuição e estruturas do varejo; consomem mais espaço, mais energia e produzem mais emissões (CO ₂ , partículas, NOx, etc.)
Redes	Aumento da eficiência de todo o sistema, do sistema de distribuição através de alterações na rede (estrutura "Hub-Spoke" Centro e Distribuidores)	Concentração dos impactos ambientais ao lado de grandes centros e ao longo dos corredores. A pressão sobre as comunidades locais
Confiabilidade	Distribuição confiável em tempo de carga e de passageiros	Modais mais utilizados, caminhões e transporte aéreo são os menos eficientes em termos ambientais
Armazenagem	Reduzir as necessidades de instalações de armazenagem privada	Inventário deslocado em parte para vias públicas (ou em contentores), contribuindo para o congestionamento e o consumo de espaço
E-commerce	Aumento de oportunidades de negócios e diversificação das cadeias de abastecimento	As mudanças nos sistemas de distribuição física para níveis mais elevados de consumo de energia

Fonte: Adaptado de Rodrigue, Slack e Comtois (2001, p. 7)

Rodrigue; Slack e Comtois (2001, p. 7) questionam: "O quão verde pode ser a logística quando as consequências de sua aplicação, mesmo se eficiente e com custos efetivos, têm conduzido para soluções não apropriadas ambientalmente?"

A logística verde ainda tem um longo caminho a percorrer para atingir seus objetivos, e isso por não ser o meio ambiente a preocupação principal da indústria da logística, exceto em casos em que a distribuição reversa abriu novos mercados baseada na preocupação da sociedade quanto à disposição e/ou reciclagem de resíduos. Ainda que a indústria do transporte não se apresente com uma face verde, na verdade, a logística reversa causa mais congestionamentos e os créditos ambientais pela prática da reciclagem vão para os fabricantes e consumidores domésticos (RODRIGUE; SLACK; COMTOIS, 2001, p. 7).

É importante observar que esses autores afirmam que o transporte ainda não tem face verde, o que reforça a sugestão de pesquisa apresentada por Mckinnon (2012 p. 19-20).

As variáveis-chave sugeridas por Mckinnon (2012) para pesquisa em Logística Verde contemplam, dentre outras: o modo de transporte; o tempo médio de deslocamento; a carga média por viagem; a média em porcentagem com rolagem sem carga; a eficiência energética; a emissão de CO₂; a valorização monetária; e os custos externos das operações de logística.

2.7.1 Modal rodoviário

Quando se relaciona transporte e logística, conclui-se que transporte, nesse contexto, é a transferência de mercadorias e/ou pessoas de um ponto de origem para um ponto de destino.

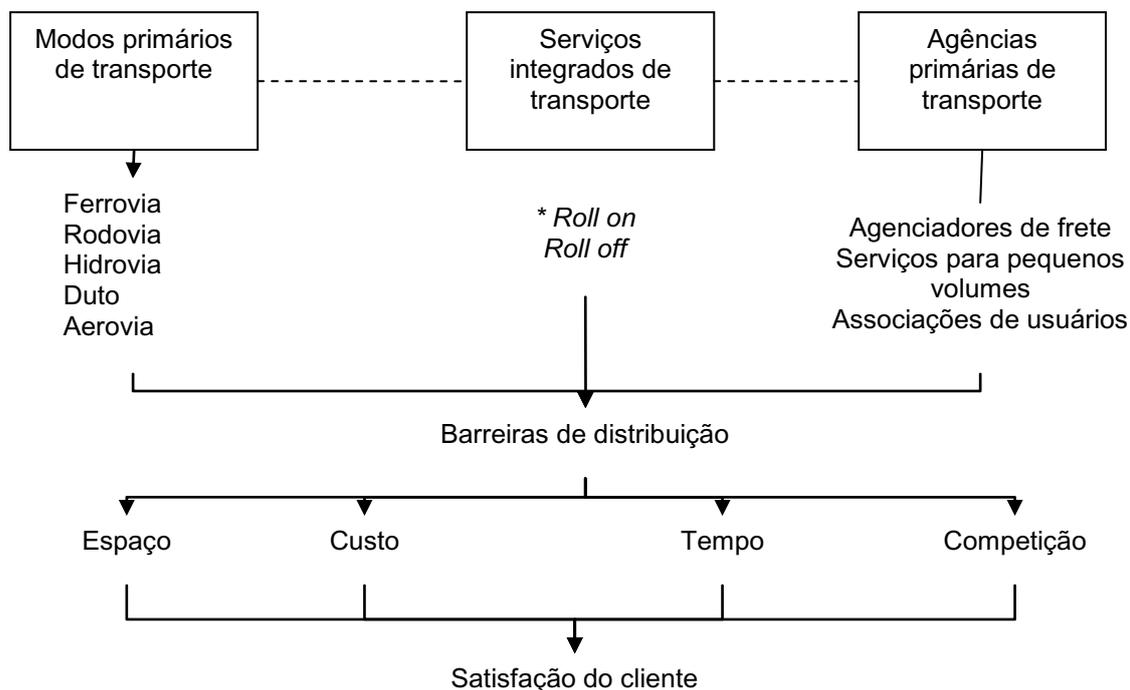
Nesse sentido, Vieira (2002, p. 13) caracteriza o transporte como sendo “nada mais que o traslado de uma mercadoria de um lugar a outro e sua necessidade está diretamente relacionada com as atividades de comércio”.

Ballou (1993) afirma que o transporte representa o elemento mais importante do custo logístico para a maioria das empresas. Em visão ampliada, declara que:

O sistema de transporte doméstico refere-se a todo conjunto de trabalho, facilidades e recursos que compõem a capacidade de movimentação na economia. Esta capacidade implica o movimento de carga e de pessoas, podendo incluir o sistema para distribuição de intangíveis, tais como comunicações telefônicas, energia elétrica e serviços médicos (BALLOU, 1993, p. 116).

Sob essa ótica, complementa que a movimentação de mercadorias pode ser realizada de cinco modos distintos, sendo eles: por ferrovia, por rodovia, por hidrovia, por dutos e por aerovias, pelas diversas agências que gerenciam essa movimentação. Este sistema de transporte pode ser observado na Figura 18.

Figura 18: Sistema de transporte no sistema de logística



* Sistema que viabiliza a intermodalidade, integrando os serviços de transportadores rodoviários com os dos armadores da região amazônica, que consiste no transporte de carretas por meio de barcas.

Fonte: Adaptado de Ballou (1993, p. 117)

No Brasil, o modal rodoviário está sob a responsabilidade da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que tem como missão: “Assegurar aos usuários adequada prestação de serviços de transporte terrestre”, e como visão: “Ser referência na regulação, promovendo a harmonização do setor e garantindo a excelência dos serviços de transporte terrestre” (ANTT, 2015).

Valente *et al.* (2012), quando escrevem sobre transporte de passageiros, destacam que as esferas de governo são responsáveis pela prestação desse tipo de serviço público e que a responsabilidade maior pelo transporte urbano é dos municípios.

Nesse contexto, Valente *et al.* (2012, p. 6) afirmam que é dever dos municípios “atender às necessidades de deslocamento da população com segurança e confiabilidade, tendo como objetivos: desenvolver a qualidade ambiental do espaço urbano; melhorar o sistema viário existente; [...]; e promover a segurança do tráfego”.

Para atender tais objetivos, os autores apresentam estruturas organizacionais que englobam desde cidades de pequeno porte até as de grande porte, sendo que, nas cidades de pequeno porte, a gestão dos transportes é realizada por um Conselho de Trânsito e Transportes subordinado ao prefeito.

As cidades de médio porte possuem uma Coordenadoria de Transportes, além do Conselho de Trânsito e Transportes, ambos subordinados ao prefeito. Por fim, nas cidades de grande porte surge a Secretaria de Transportes que, em conjunto com o Conselho de Trânsito, respondem ao executivo municipal.

Quanto ao modal rodoviário de passageiros, a responsabilidade pela prestação do serviço passa a ser dos estados ou da esfera federal em função da extensão da viagem, se intermunicipal, interestadual ou internacional.

Apesar da responsabilidade pela prestação do serviço de transporte ser dos órgãos públicos, a operação é, normalmente, realizada por empresas do setor privado que obtêm concessão, permissão ou autorização para exploração das atividades de transportes, por meio de licitação pública.

Cabe à ANTT regulamentar e fiscalizar a prestação dos serviços de transporte terrestres no Brasil.

Em função das externalidades geradas pela atividade de transporte, principalmente aquelas relacionadas ao custo da operação e à degradação ambiental, as empresas e os órgãos governamentais têm procurado estabelecer medidas que regulamentem e reduzam seus impactos.

Nesse sentido, Piecyk, Cullinane e Edwards (2012), avaliando os impactos externos do transporte de mercadorias, identificam como externalidades dessa atividade as emissões de gases na atmosfera, a poluição sonora, a vibração causada por veículos pesados, os congestionamentos, o uso da terra e a alteração da biodiversidade devido à infraestrutura para transportes, os desperdícios de óleo e a sucata de veículos.

Com relação aos efeitos da poluição da atmosfera, os autores avaliam os impactos das externalidades do transporte nas dimensões global, regional e local, e afirmam que evidências científicas demonstram que as atividades humanas são a causa do aquecimento global.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou programas e políticas voltadas para a qualidade do ar, justificando que os processos industriais, os veículos automotores, entre outros, são os principais introdutores de poluição na atmosfera.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a poluição atmosférica:

Pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade (MMA, 2015).

Ainda segundo o MMA, a poluição atmosférica traz outros custos ao Estado, tais como os gastos com medicamentos e internações, que podem ser evitados por meio da gestão da qualidade do ar.

Essa gestão é feita pela Gerência de Qualidade do Ar (GQA), vinculada ao Departamento de Qualidade Ambiental na Indústria, que tem como objetivo formular políticas e executar as ações necessárias, no âmbito do Governo Federal, à preservação e a melhoria da qualidade do ar.

Para obtenção de melhores resultados, foram criados programas de fontes específicas de poluição da atmosfera, dentre os quais o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar – PRONAR, e o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (ANEXO A).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 5, de 15 de junho de 1989, criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar – PRONAR com o intuito de:

Permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e ao não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas.

A principal ação para atingir os objetivos do PRONAR foi a definição estratégica de limites nacionais para as emissões, considerando-se as fontes e poluentes prioritários.

A resolução do CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990, estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, ainda em vigor, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)	Método de medição
Partículas totais em suspensão – PTS	24 horas* MGA	240	150	Amostrador de grandes volumes
		80	60	
Fumaça	24 horas* MAA	150	100	Refletância
		60	40	
Partículas inaláveis	24 horas* MAA	150 50	150 50	Separação inercial / filtração
Dióxido de enxofre	24 horas* MAA	385	100	Pararosanilina
		80	40	
Monóxido de carbono	1 hora*	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)	Infravermelho não-dispersivo
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora*	160	160	Quimiluminescência
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Quimiluminescência
		100	100	

*Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano; MGA – média geométrica anual; MAA – média aritmética anual.

Fonte: MMA, 2015

A Resolução CONAMA nº 18, de 6 maio de 1986, criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, que definiu os primeiros limites de emissões para os veículos automotores.

Os poluentes regulamentados pelo PROCONVE são: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos não metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP) – além dos gases de efeito estufa –, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

O PROCONVE estabeleceu limites para a emissão de poluentes por categoria de veículo. A Tabela 2 refere-se aos veículos leves; os limites para veículos pesados e demais parâmetros relacionados ao controle de poluição do ar por veículos automotores, atualizados em 21 de novembro de 2013, podem ser encontrados no Anexo A.

Tabela 2: Limites de emissão para veículos leves comerciais estabelecidos na Resolução CONAMA nº 415/2009 (Fase L6)

Poluentes	Veículos com massa específica até 1.700 kg	Veículos com massa específica acima de 1.700 kg
Monóxido de carbono (CO)	1,30 g/Km	2,0 g/Km
Hidrocarbonetos totais (THC) somente para veículos a gás natural	0,30 g/Km	0,5 g/Km
Hidrocarbonetos não metano (NMHC)	0,05 g/Km	0,06 /Km
Óxidos de nitrogênio (NOx) para ciclo Otto	0,08 g/Km	0,25 g/Km
Óxidos de nitrogênio (NOx) para ciclo Diesel	0,08 g/Km	0,35 g/Km
Aldeídos totais (CHO) para ciclo Otto	0,02 g/Km	0,03 g/Km
Material particulado (MP) para ciclo Diesel	0,030 g/Km	0,040 g/Km
Monóxido de carbono em marcha lenta para ciclo Otto	0,2% em volume	0,2% em volume

Fonte: MMA, 2015

Piecyk, Cullinane e Edwards (2012, p. 34) apresentam, conforme observado no Quadro 3, a extensão geográfica dos efeitos poluentes, relacionando-os com cada elemento poluente.

Quadro 3: Extensão geográfica de efeitos poluentes

	Efeito	PM	HM	NH ₃	SO ₂	NO _x	NMVOC	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Global	Efeito estufa indireto					X	X	X	X		
	Efeito estufa 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	X			

Legenda: PM: partículas; HM: metal pesado; NH₃: amônia; SO₂: dióxido de enxofre; NO_x: óxido de nitrogênio; NMVOC: composto orgânico volátil não metálico; CO: monóxido de carbono; CH₄: metano; CO₂: dióxido de carbono; N₂O: óxido de nitrogênio.

Fonte: Piecyk, Cullinane e Edwards (2012, p. 34)

Comentando cada um dos elementos poluentes citados acima, identifica-se que as partículas se apresentam em forma de fuligem, no caso em que a fonte é de veículos com falta de manutenção: o monóxido de carbono é resultante de combustão incompleta de combustível com base no carbono; o dióxido de enxofre, que tem como origem o diesel, quando processado no motor, tem seu excedente expelido pelo escapamento do veículo.

Dessa forma, entende-se que a atividade de modal rodoviário participa de forma relevante tanto no atendimento das necessidades de deslocamento de pessoas quanto no de mercadorias, e que os meios utilizados são recursos-chave que merecem atenção de gestores de organizações socioprodutivas e órgãos governamentais, que participam com regulamentações e fiscalizações.

3 MÉTODO

Esta pesquisa pode ser definida como bibliográfica e documental, com objetivo exploratório e abordagem qualitativa, sendo que a bibliográfica, de acordo com Severino (2007, p. 123), “busca obter informações sobre determinado objeto, delimitando assim, um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto”. Para Oliveira (2007, p. 69), a pesquisa documental “caracteriza-se pela busca de informações em documentos que não receberam nenhum tratamento científico, como relatórios, reportagens de jornais, revistas, cartas, filmes, gravações, fotografias, entre outras matérias de divulgação”.

Stumpf (2005, p. 54) define a pesquisa bibliográfica “como um conjunto de procedimentos para identificar, selecionar, localizar e obter documentos de interesse acadêmico para a realização de trabalhos acadêmicos e pesquisa”.

O uso consciente de publicações acadêmicas para dirimir dúvidas e, ao mesmo tempo, alavancar a produção de novos conhecimentos justifica a elaboração de um bom referencial teórico.

Com base nesses conceitos, a identificação e a localização dos principais trabalhos publicados, com ênfase no tema Logística Verde, viabilizam a análise qualitativa sobre as variáveis das atividades logísticas que corroboram para a discussão na tomada de decisão em função de suas contribuições nas dimensões social, econômica e ambiental.

A pesquisa em questão foi desenvolvida a partir de material publicado em livros e artigos científicos. Adotando como referência os objetivos gerais e específicos, assim como o método utilizado em sua caracterização, foi estruturada considerando as organizações socioprodutivas e as dimensões ambiental, econômica e social, com foco na cadeia produtiva.

Constatando que a cadeia produtiva é a fonte dos recursos necessários para atender às demandas de mercado, do qual derivam as cadeias de suprimentos representadas por diversos atores interconectados, sua delimitação contemplou a atividade de transporte pelo modal rodoviário, considerada uma das principais atividades da logística que interage com a sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, enfatizou-se a questão da pesquisa identificando variáveis de Gestão e de Desenvolvimento Sustentável, direcionando as atividades da Logística Verde como ferramenta estratégica na tomada de decisão no modal rodoviário.

A fim de evidenciar a disponibilidade de ferramentas que auxiliam na tomada de decisão, foram realizadas simulações com *softwares* especializados.

De acordo com os autores pesquisados, a variável Gestão permite a obtenção de algum tipo de benefício a favor da lucratividade da organização socioprodutiva. Entretanto, a variável Desenvolvimento Sustentável está diretamente relacionada ao uso consciente e responsável dos recursos naturais não renováveis, com o objetivo de preservar o meio ambiente onde as organizações socioprodutivas estão inseridas.

Com base nas definições de variável de Gestão e variável de Desenvolvimento Sustentável, realizou-se a categorização das principais variáveis da Logística Verde oriundas do modal rodoviário, utilizando-se, para tanto, as variáveis selecionadas, sendo elas:

- Variáveis de Gestão: carga média por viagem (ida e volta); custos externos das operações de logística; eficiência energética; emissão de CO₂; gerenciamento de frota eficiente; integração holística da Logística Reversa; redução do consumo de combustível fóssil; tomada de decisão sobre o modo de transporte.
- Variáveis de Desenvolvimento Sustentável: impactos ambientais; aumento do volume de tráfego; controle da poluição do ar; geração de resíduos; níveis de emissão de poluentes dos veículos automotores; níveis de ruído emitidos pelos veículos.

As variáveis da Logística Verde também foram classificadas em tangíveis e intangíveis; sua relação com o modal rodoviário também foi abordada.

A pesquisa documental considerou dados de relatórios e artigos publicados por Associações, Ministérios e Institutos, sendo eles:

- Instituto de Energia e Meio Ambiente, através do relatório Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano Base 2012.

- Portal de Periódicos da Capes, a partir de 5 de julho de 2014.
- Ministério do Meio Ambiente, por meio do relatório PROCONVE: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.
- Ministério de Minas e Energia, por meio do relatório Balanço Energético Nacional 2015.
- Associação Nacional de Transportes Públicos, por meio da publicação Simuladora de Impactos Ambientais: Como as mudanças na forma de locomoção podem impactar na sua cidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Procedimentos de Apoio à Tomada de Decisão

Fazendo uma leitura criteriosa do mapa analítico apresentado por Mckinnon (2012), observa-se a preocupação com o peso dos bens de consumo transportados pelos diversos meios de transporte, em atendimento à cadeia de suprimento.

Em função disso, os parâmetros indicados, dentre eles o tempo de viagem, os equipamentos ociosos, a geração e o consumo de energia, a geração de externalidades, os ruídos, as vibrações e os acidentes, são variáveis de estudo compreendidas pela Logística Verde.

As atividades que agregam valor, as atividades que são parâmetros-chave e as que são determinantes, como o manuseio e a movimentação de materiais em armazéns, são inerentes à realização do transporte.

De acordo com Ballou (2013, p. 24), são consideradas atividades primárias da logística: Transportes, Manutenção de Estoques e Processamento de Pedidos, sendo atividades de apoio: Armazenagem, Manuseio de Materiais, Embalagem de Proteção, Obtenção, Programação de Produtos e Manutenção de Informação.

Contudo, quando se fala em Logística Verde, as atividades da logística não devem ser, necessariamente, subdivididas em primária, secundária ou outra categoria qualquer, uma vez que, o que importa, é a manutenção ou o prolongamento da vida útil dos recursos naturais esgotáveis, pois só assim se obterá bom desempenho ambiental quando da prática das atividades intrínsecas à logística.

No tocante à utilização de tecnologia em apoio à tomada de decisão, o *software* de simulação Arena é uma das diversas ferramentas do gênero disponível para a realização de experimentos, a fim de conhecer os possíveis resultados de determinada tomada de decisão.

Como exemplo da aplicação de *software* simulador em atividades de processamento de pedidos, manutenção de estoques e transporte, elegeu-se um modelo que simula uma instalação de carga e descarga de carvão.

O carvão é descarregado em um pátio de armazenamento principal para, posteriormente, ser transportado em barcaças, que terão quatro docas para essa finalidade. A taxa de descarga da zona de armazenagem é fixada em 2.400 toneladas por hora; porém, esta taxa pode ser dividida em até quatro calhas paralelas para o enchimento de barcaças nas docas.

Quando um rebocador chega, precisa aguardar até que uma das quatro docas esteja disponível. Quando isso ocorre, a tripulação inicia o carregamento das barcaças.

A quantidade total de carvão necessária varia de acordo com o número de barcaças e seus tamanhos. A taxa de chegada de rebocadores também varia ao longo do dia.

Para reabastecer o armazenamento de carvão, trens chegam a cada 8 horas durante o dia e a noite. Cada trem carrega 10.000 toneladas de carvão, que é descarregado no pátio de armazenamento a uma taxa de 5.000 toneladas por hora. O estaleiro tem capacidade para 2.400 toneladas de carvão.

Com base nesse modelo, deseja-se saber se a capacidade instalada atende a demanda, considerando as restrições de tempo e de espaço, além de conhecer o custo das operações por entidade envolvida.

Após a execução da simulação desse modelo por cinco ciclos, são obtidos os resultados que apoiarão a tomada de decisão.

Assim, com um simples modelo envolvendo dois modos de transporte, área de armazenagem, manutenção de estoques e atendimento de pedidos, e ponderando as restrições intrínsecas ao dimensionamento inicial, tempo de abastecimento com seus custos, além da capacidade do armazém e dos meios de transporte, pode-se conhecer os resultados que seriam obtidos caso, em vez de simulação, se partisse direto para os investimentos.

Considerando as solicitações da Logística Verde, podem-se acrescentar ao modelo parâmetros como a carga média por viagem, a média de rolagem sem carga e o consumo de energia, e assim conhecer os resultados esperados em função de cada um deles, favorecendo sua adequação, caso os resultados apontem para a inviabilidade da prática.

Como exemplo do exposto, poderia ser criado um modelo que considerasse a possibilidade de expansão da capacidade das barcaças, com o intuito de reduzir o consumo de energia não renovável, diminuindo, dessa forma, a quantidade de viagens realizadas.

Para essa finalidade, a Gestão da Inovação pode contribuir desde que assimilada pelos gestores no nível de tomada de decisões estratégicas, pois, de acordo com Di Serio e Vasconcellos (2009, p. 185), a lógica que norteia o conceito das escolhas não é sustentável sem que estas sejam feitas. “Assim, cabe à gerência definir parâmetros de *performance* que são críticos ao sucesso da empresa e, então, concentrar os recursos em tais características”.

Nesse contexto, quando da tomada de decisão no campo da logística, Ballou (2006), quando aborda estratégias de localização com foco nas decisões de localização das instalações e seleção do modal de transporte, apresenta diversos exemplos e situações que exigem dos profissionais de logística técnicas adequadas para, na pior das hipóteses, deixar de decidir empiricamente, baseados apenas em suas experiências e nada mais.

Atender a demanda em menor tempo e com minimização de custos logísticos tem sido objeto de estudo há algum tempo, pois conectar os centros de produção aos centros de demanda envolve um considerável número de variáveis que precisam ser abordadas.

Em todo o caso, ao estudar essas variáveis, atingem-se pontos de *trade off* e a tomada de decisão acaba sendo subordinada à qualidade dos resultados das ferramentas utilizadas para o tratamento das variáveis envolvidas.

Considerando o objetivo específico de diagnosticar as variáveis da Logística Verde, estas foram classificadas em tangíveis e intangíveis, conforme demonstrado no Quadro 4 e Quadro 5, respectivamente.

Quadro 4: Variáveis tangíveis da Logística Verde

Variáveis tangíveis da Logística Verde (EMMET; SOOD, 2010, p. 126)	AUTORES	Relação da Logística Verde com o modal rodoviário
A Logística Verde fornece benefícios à saúde para a comunidade por meio de uma melhor qualidade do ar e menos poluição sonora , especialmente para aqueles bairros urbanos localizados perto de zonas de transporte de mercadorias, tais como pontos de transferência de carga, aeroportos, portos marítimos, etc.	MMA (2015); MCKINNON (2012)	Controle da poluição do ar por meio do PROCONVE; redução de emissão de CO ₂ ; Nível de ruídos emitidos por veículos automotores
Frequentemente proporciona custos mais baixos devido ao menor número de caminhões, à melhor utilização dos veículos, à melhor manutenção dos equipamentos, ao roteamento eficiente, à redução dos congestionamentos, etc.	MCKINNON (2012); EMMETT e SOOD (2010)	Redução dos custos externos das operações logísticas; gerenciamento de frota eficiente
A Logística Verde ajudará a mitigação dos riscos de ações legais e impactos financeiros de incidentes ambientais evitáveis e as normas ambientais cada vez mais austeras	MCKINNON (2012); EMMETT e SOOD (2010)	Eficiência energética; maximização da carga média por viagem (ida e volta)

Fonte: Adaptado de Emmett e Sood (2010)

Quadro 5: Variáveis intangíveis da Logística Verde

Variáveis intangíveis da Logística Verde (EMMET; SOOD, 2010, p. 126)	AUTORES	Relação da Logística Verde com o modal rodoviário
Promove a redução do impacto sobre o ecossistema e a redução da degradação ambiental, resultando em melhor qualidade de vida	DONATO (2010)	Aspectos ambientais e aumento do volume de tráfego. O dinamismo da economia demanda o uso intensivo dos transportes e geração de resíduos e solicita regulamentação e controle por meio de legislação
A Logística Verde resulta em maiores condições de segurança e de saúde para os funcionários, fornecedores e parceiros de logística	EMMETT e SOOD (2010)	Integração holística da logística
A Logística Verde aumenta a fidelidade do cliente e mostra boa vontade; como tal, as “organizações ativas verdes” exibem percepção proativa	EMMETT e SOOD (2010)	Redução do uso de combustível fóssil
Envolvimento da comunidade, clientes e fornecedores na elaboração de soluções e produtos sustentáveis. O desenvolvimento de programas de resíduos auxilia no fortalecimento da imagem , na construção de marca e no relacionamento com os clientes. Isso demonstra cidadania e capacidade de resposta à comunidade, aos funcionários, aos grupos de interesse público, aos parceiros da cadeia de suprimentos e aos órgãos reguladores.	EMMETT e SOOD (2010); MCKINNON (2012); MMA (2015)	Tomada de decisão sobre o modo de transporte

Fonte: Adaptado de Emmet e Sood (2010)

Com a proposta da prática da Logística Verde, as variáveis intangíveis também precisam ser consideradas. Para tanto, mudanças de atitude deverão ter início. Dessa forma, a aplicação dos conceitos de atitude, tais como reduzir,

reutilizar, reciclar, entre outras, conforme Donato (2008), deve ser considerada, uma vez que é aderente aos conceitos de sustentabilidade e, conseqüentemente, à Logística Verde.

Sob essa perspectiva, durante a atividade de aquisição, a empresa que adquire insumos e/ou produtos de seus fornecedores atua como consumidora e, durante a atividade de distribuição, atua como fornecedora, mas agora com o objetivo de fazer valer a principal função da logística que, conforme Ballou (1993, p. 24), é “[...] providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável”.

Todavia, assim como a empresa deve estar consciente dos benefícios da prática da Logística Reversa, esta deve criar mecanismos que despertem em seus consumidores a mesma percepção.

Despertar essa percepção não parece ser tarefa fácil, pois, por ser a percepção uma variável intangível, solicita atenção especial, que muitas vezes foge à gama de atribuições dos gestores.

Nesse sentido, a contribuição da Logística Reversa consiste na forma de como ela é praticada ou pretende ser praticada, a fim de conscientizar os clientes dos benefícios gerados pelo retorno dos bens, pós-venda ou pós-uso da cadeia produtiva.

Para conseguir conscientização, um dos primeiros desafios é proporcionar o devido treinamento aos colaboradores, para que estes se tornem instrumentos para melhorias dos processos.

Leite (2009), pensando no futuro e tratando dos desafios brasileiros que a Logística Reversa ainda deve vencer, destaca métricas que devem ser estabelecidas para a avaliação do desempenho de cadeia reversa.

Esse autor menciona, dentre outros, os interesses econômicos, numa situação em que o retorno financeiro é mais tangível pelo reaproveitamento de produtos ou matéria prima, e o interesse no atendimento de normas ambientais que atendam quesitos comerciais. Afirma também que, para que a cadeia reversa seja eficiente com diferentes métricas ou estratégias empresariais, faz-se necessário o entendimento dos fatores inibidores dos fluxos reversos.

Dessa forma, para a Logística Reversa, tanto as variáveis tangíveis quanto as intangíveis merecem tratamentos distintos, com o objetivo de equacionar as atitudes necessárias para obtenção de desempenho ambiental satisfatório com a utilização da Logística Verde.

Quando da tomada de decisão sobre localização de instalações ao longo do tempo, a principal preocupação em termos logísticos foi considerar apenas os benefícios econômicos, sem deparar-se, invariavelmente, com situações que requeressem preocupação com o meio ambiente.

Agora, com o advento da Logística Verde, a tomada de decisão relacionada à localização de instalações em redes logísticas envolve, além das variáveis tangíveis, tais como a quantidade de instalações e sua posição geográfica, as intangíveis, tais como costumes e valores da sociedade onde a nova instalação será inserida.

4.2 Relações entre o Modal Rodoviário e a Logística Verde

Discorrendo sobre os direcionadores da Logística Verde, Emmett e Sood (2010) descrevem alguns direcionadores justificando que as organizações socioprodutivas estão sob crescente pressão de ambientalistas e de clientes para praticarem serviços logísticos sustentáveis.

Os autores alertam que as emissões de poluentes pelos serviços de transportes (rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo) são os que mais contribuem para os problemas da qualidade do ar, e que existe um custo muito alto pelo não cumprimento da legislação por todas as organizações. Além disso, o transporte é a atividade logística que mais contribui com o efeito estufa.

Emmet e Sood (2010) argumentam que a Logística Verde traz numerosos benefícios para o meio ambiente, para a sociedade e para as organizações. Esses benefícios estão relacionados com o modal rodoviário, pois é através da atividade de transporte que se pode, por meio de gestão e tecnologia, reduzir a maioria das externalidades a ela intrínsecas.

Considerando o conceito de logística entre os esforços para atingir um objetivo maior, identifica-se a atividade de planejamento como elemento

fundamental, pois sem o uso de técnicas de planejamento, o alcance desse objetivo fica comprometido.

Contudo, mais uma vez, faz-se necessário o investimento na formação de capital social adequado, além do esforço complementar para a conquista das principais atitudes que podem caracterizar o desenvolvimento social e ambiental.

Embora o tempo médio de viagem caracterize uma variável, esta é dependente das características do combustível e também da velocidade desenvolvida, que, por sua vez, dependendo de sua amplitude, pode emitir mais ou menos poluentes.

Com a crescente pressão por parte de ambientalistas e clientes, e também por força da legislação, a redução de gases que prejudica a camada de ozônio tende a ser uma constante.

Nesse contexto, definir um modelo que apresente baixos custos pode ser um grande desafio à longo prazo, pois equilibrar o menor tempo de viagem com combustível de qualidade para reduzir o custo com a emissão de poluente não é tarefa fácil.

Todavia, se forem consideradas as contribuições para o desenvolvimento sustentável em função da possível geração de disponibilidade de bens e serviços, e a satisfação do cliente, esse desafio não pode ser descartado sob a alegação de sua alta complexidade.

4.3 Variáveis da Logística Verde no Modal Rodoviário

Dentre os possíveis meios de transporte, observa-se que, principalmente nos países em desenvolvimento, o uso do modal rodoviário é intensivo e, quando comparado ao modo de transporte ferroviário, por exemplo, percebe-se que ele agride mais o meio ambiente tanto pela emissão de poluentes quanto pelo consumo de combustível não renovável.

Conforme proposto por Emmett e Sood (2010), tanto o modo de transporte quanto o uso de novas tecnologias devem receber especial atenção em momentos de tomada de decisão.

O uso de tecnologia na linha de produção tende a reduzir o custo de inventário no longo prazo, reduzindo o *lead time* de produção e viabilizando o uso de modo de transporte alternativo, com o objetivo de promover a redução de custo e, ao mesmo tempo, contribuir com a manutenção da sustentabilidade ambiental.

Sendo os efeitos do modal rodoviário causados tanto pelo deslocamento de carga quanto pelo de passageiro, deve-se estudar uma forma que contemple ambos os tipos de transporte.

Assim, foram selecionadas variáveis que envolvem os dois tipos de transporte, de forma que sejam relevantes na tomada de decisão.

Dentre as variáveis identificadas, foram selecionadas as principais que direcionam as atividades da Logística Verde de acordo com os autores, conforme se observa no Quadro 6.

Quadro 6: Categorização das principais variáveis da pesquisa

CATEGORIA	PRINCIPAIS VARIÁVEIS DA LOGÍSTICA VERDE ORIUNDAS DO MODAL RODOVIÁRIO	AUTORES
GESTÃO	Carga média por viagem (ida e volta)	Emmett e Sood, (2010); Mckinnon (2012)
	Eficiência energética	Mckinnon (2012)
	Emissão de CO ₂	Mckinnon (2012)
	Redução do consumo de combustível fóssil	Mckinnon (2012)
	Gerenciamento de frota eficiente	Emmett e Sood, (2010); Mckinnon (2012)
	Custos externos das operações de logística	Emmett e Sood, (2010)
	Tomada de decisão sobre o modo de transporte	Emmett e Sood, (2010); Mckinnon (2012)
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	Impactos Ambientais	Donato (2008)
	Aumento do volume de tráfego	Donato (2008)
	Controle da poluição do ar	MMA (1998; 2015)
	Geração de resíduos	Donato (2008)
	Níveis de emissão de poluentes dos veículos automotores	MMA (1998; 2015)
	Níveis de ruído emitido pelos veículos	MMA (1998; 2015)

Fonte: Adaptado de Mckinnon (2012)

Cada uma das variáveis apresentadas no Quadro 6 participa com suas características no modal rodoviário, sendo que, tanto as de Gestão quanto as de Desenvolvimento Sustentável, conforme os autores, solicitam gerenciamento por parte das organizações socioprodutivas usuárias desse modal em razão de diversos fatores:

- Para que seja possível obter uma carga média por viagem (ida e volta) próxima da capacidade máxima do veículo, é necessária a baixa variação da demanda diária dos produtos transportados. Por outro lado, sabe-se que o volume da demanda é determinado por diversos fatores de difícil medição, podendo estes serem cíclicos ou sazonais. Dessa forma, as organizações que entenderem ser possível a obtenção de lucratividade promovendo a prática da Logística Verde no que se refere à eliminação de desperdícios durante o transporte de mercadorias, devem buscar alternativas que reduzam a média de tempo com que o veículo se movimenta com capacidade ociosa.
- A eficiência energética pode ser definida pelo índice obtido pela razão entre a distância percorrida e o consumo de combustível. É uma característica intrínseca aos veículos, comportamento dos condutores e das condições do trânsito. Assim, para se alcançar melhores resultados, o uso de técnicas de gestão poderá fazer a diferença, principalmente se forem realizados investimentos no treinamento dos condutores e se a seleção do combustível for feita em função de sua qualidade, e não de seu preço.
- A quantidade de emissão de CO₂ é diretamente proporcional ao tipo de combustível e ao sistema de conversão de gases poluentes durante as atividades de movimentação características da logística. Cabe ao gestor, então, realizar as avaliações sempre que possível.
- A gestão da frota poderá contribuir para a redução do consumo de combustível fóssil se optar pelo uso de biocombustível ou outra forma de fonte de energia limpa para a realização de transporte. Novas tecnologias são apresentadas diariamente e as organizações poderiam fazer uso destas com o objetivo específico de reduzir o consumo de combustível fóssil.
- O gerenciamento de frota competente contribui significativamente para a redução dos impactos ambientais e custos do frete. Simples atitudes como o desligamento do veículo durante a carga e descarga e a calibração da pressão dos pneus, se praticadas com regularidade, podem promover tais reduções.

- A minimização de custos é um dos principais objetivos da logística, contudo, muitas vezes, as organizações optam pelo uso de insumos de baixo custo, o que pode aumentar os custos externos das operações de logística, visto que tais insumos elevam a emissão de gases poluentes e geram mais ruídos, logo, aumentam o impacto no meio ambiente.
- A tomada de decisão sobre o modo de transporte envolve diferentes níveis de gestão, sendo que o nível estratégico é o indicado para a seleção do modo de transporte predominante a ser utilizado pela organização, pois, de acordo com o modal, em função de suas características, a manutenção de estoques e a gestão da produção serão impactadas.
- De acordo com dados publicados pelo MMA (2015), os veículos automotores são os que mais promovem os aspectos ambientais representados pelo impacto que a atividade de transporte causa ao meio ambiente. Ao longo do tempo, novas tecnologias e programas governamentais se apresentaram com o objetivo de reduzir tais impactos.
- Com o aumento do volume de tráfego, percebem-se desperdícios de dinheiro e aumento da poluição do ar; entretanto, é muito difícil a efetivação de restrições para a redução do uso individual de veículos automotores ao mesmo tempo em que o governo fomenta a indústria automobilística.
- No Brasil, o controle da poluição do ar, os níveis de emissão de poluentes dos veículos automotores e os níveis de ruído emitidos pelos veículos vêm sendo implantados em fases por meio de resoluções do CONAMA e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores.
- A geração de resíduos invariavelmente envolve o modal rodoviário que interfere no meio ambiente quando da prática da logística direta e também o faz quando da prática da logística reversa no quesito reciclagem e reuso de bens pós-venda e/ou pós-consumo.

De acordo com ANTT (2015, p. 65): “Ao final de 2014, encontravam-se regularmente inscritos [...] 1.017.627 transportadores, sendo que, desse número, 848.772 são relativos à profissionais autônomos, 168.450 à empresas e 405 à

cooperativas, com uma frota total de 2.239.158 veículos”, isso apenas para o transporte de cargas.

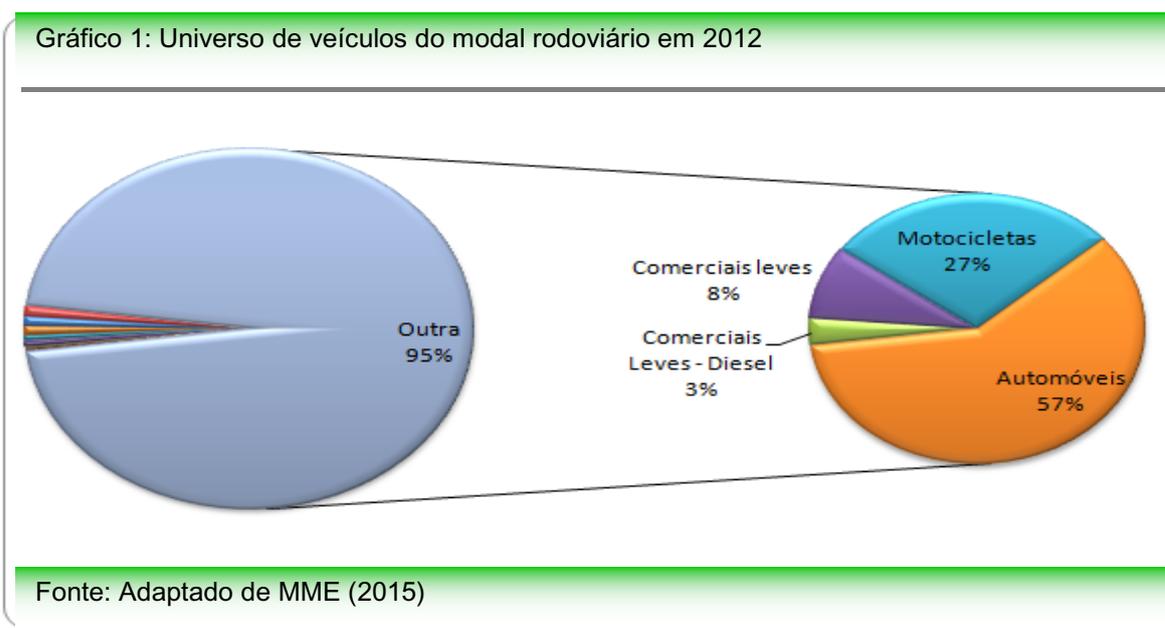
O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários de 2013, Ano-Base 2012, publicado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente, divulga o universo de veículos utilizados em modal rodoviário considerado para análise das emissões específicas desse meio de transporte.

O Quadro 7 demonstra esse universo no ano de 2012 em quantidades absolutas e relativas e, no Gráfico 1, em valores relativos. Os dados utilizados na sua composição são resultantes dos dados disponibilizados nos Anexos B e C.

Quadro 7: Universo de equipamentos usados no modal rodoviário em 2012

Veículos	Quantidade em 2012 (unidades)	Quantidade em (%)
Ônibus Rodoviários	35.518	0,1%
Caminhões Semileves	82.219	0,2%
Micro-ônibus	83.201	0,2%
Caminhões Médios	243.913	0,5%
Ônibus Urbanos	245.225	0,5%
Caminhões Pesados	394.482	0,8%
Caminhões Leves	425.296	0,9%
Ônibus Rodoviários	461.376	0,9%
Caminhões Semileves	1.533.936	3,1%
Micro-ônibus	4095263	8,4%
Caminhões Médios	13343378	27,4%
Automóveis	27832046	57,1%

Fonte: Adaptado de MMA, 2015



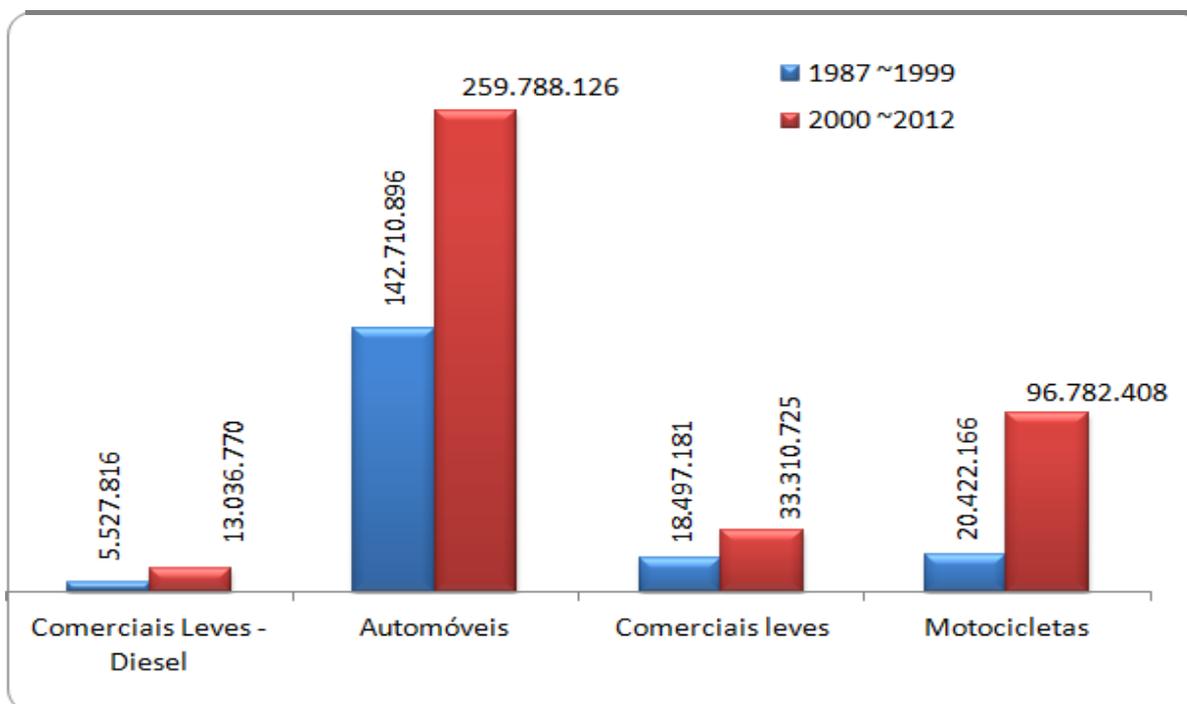
Conforme se observa no Gráfico 1, os veículos que participam com 57% são automóveis de uso particular, e 27% são motocicletas para o transporte individual, o que pode estar dificultando a qualidade do ar nos grandes centros urbanos.

Para efeito de controle das emissões de poluentes do modal rodoviário, o detalhamento desse universo faz diferença, pois as emissões estão relacionadas com o tipo de combustível e com a tecnologia utilizada no projeto e na fabricação dos equipamentos. Esse detalhamento pode ser observado nos Anexos B e C.

De acordo com a distribuição apresentada no Gráfico 2, os automóveis são os que se apresentam em maior quantidade e, portanto, são os que merecem atenção especial no sentido de se reduzir seu uso e/ou melhorar a tecnologia utilizada, a fim de minimizar as emissões de gases poluentes.

Considerando que, num “mundo vazio”, a preocupação com a utilização dos recursos não se faz necessária, mas que, num “mundo cheio”, ela é inevitável, conforme May (2010), o Gráfico 2 demonstra a evolução do uso dos principais equipamentos de modal rodoviário, que são os que mais emitem gases que degradam o meio ambiente.

Gráfico 2: Evolução dos principais equipamentos de modal rodoviário



Fonte: Adaptado de MMA, 2015

Como pode-se observar no Gráfico 2, a quantidade de automóveis teve um aumento aproximado de 45% em um período de 13 anos, os comerciais leves, de 45%, os comerciais leves a diesel, um aumento de 136%, e as motocicletas, 374%, aproximadamente.

Em função desses resultados, algumas ações já tiveram início com o objetivo de regulamentar e fiscalizar os níveis de emissões dos equipamentos utilizados no modal rodoviário.

Como referência de resultados já obtidos, apresentam-se no Quadro 8 e Gráfico 3 as quantidades de emissões de CO em toneladas por ano medidas de acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários de 2013.

Quadro 8: Emissões de carbono por veículos automotores

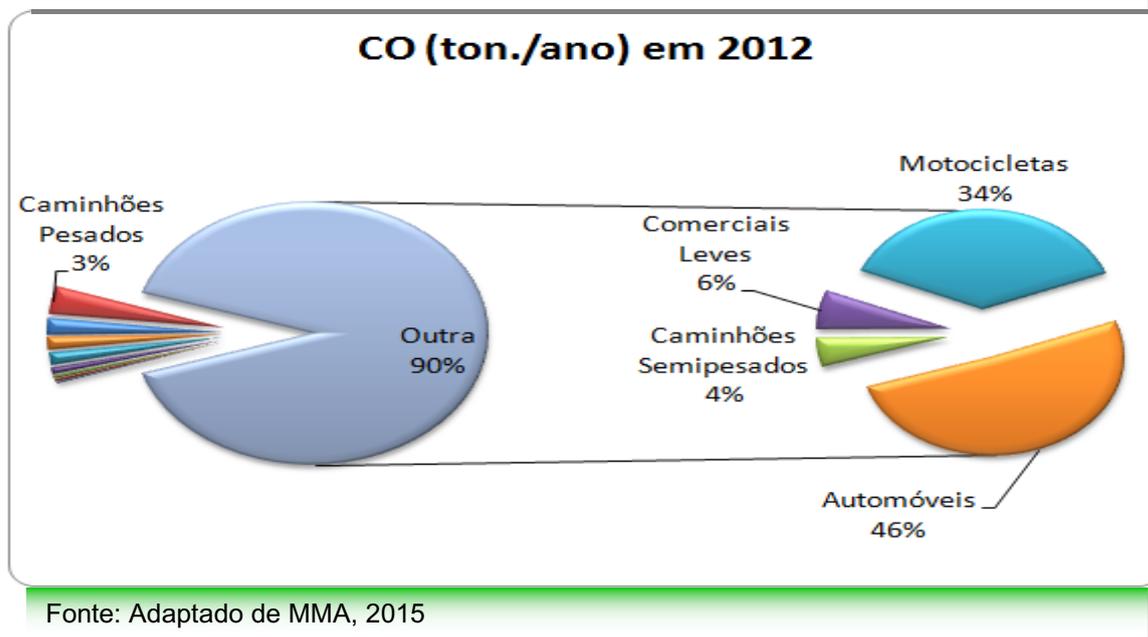
Equipamento	CO (ton/ano)	% CO (ton/ano)
Caminhões Semileves	1.961	0,2%
Ônibus Rodoviários	3.938	0,3%
Micro-ônibus	5.206	0,4%
Comerciais Leves Diesel	9.873	0,8%
Caminhões Médios	18.266	1,5%
Caminhões Leves	18.364	1,5%
Ônibus Urbanos	22.928	1,9%
Caminhões Pesados	41.155	3,3%
Caminhões Semipesados	53.767	4,3%
Comerciais Leves	71568	5,8%
Motocicletas	422337	34,1%
Automóveis	569184	46,0%

Fonte: Adaptado de MMA, 2015

Os dados que compõem o Quadro 8 e o Gráfico 3 foram extraídos dos Anexos E e F, sendo que aqui não foram consideradas as quantidades de CO emitidas por GVN e, portanto, representam as emissões dos combustíveis gasolina comum, etanol hidratado e diesel.

Por ser uma consolidação das emissões, não se visualizam aqui as quantidades de emissões por tipo de tecnologia utilizada nos equipamentos; contudo, o detalhamento pode ser verificado nos Anexos D e E.

Gráfico 3: Emissões de carbono emitido por veículos automotores

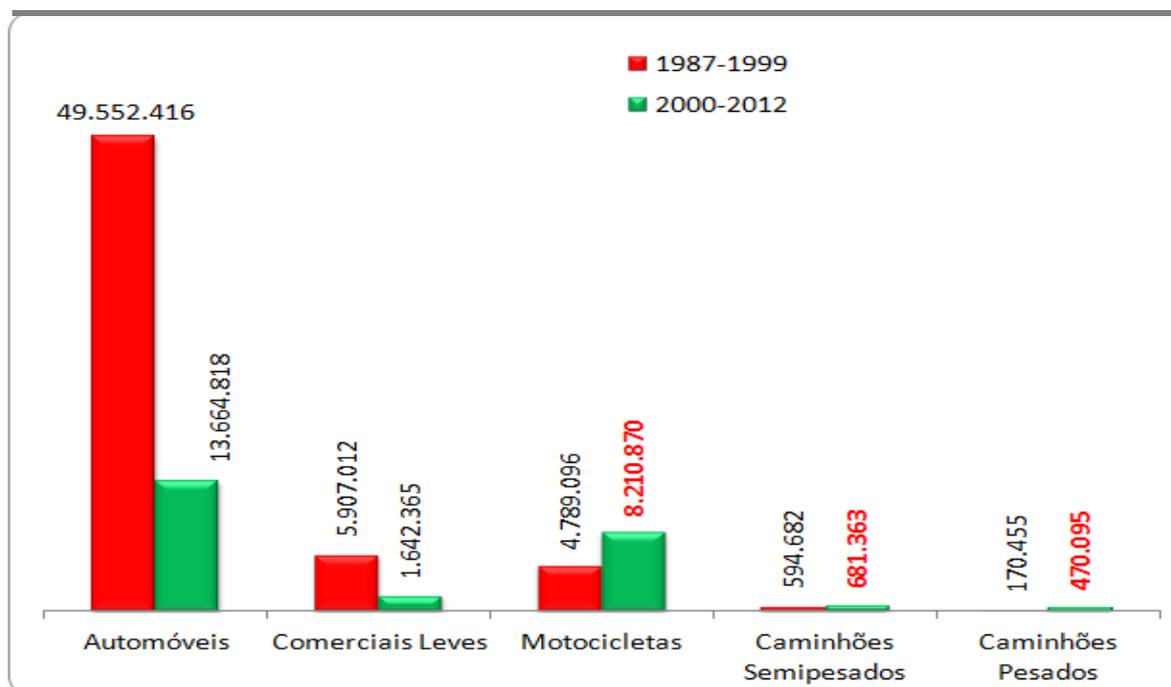


Observa-se no gráfico acima que as emissões de CO pelos automóveis, motocicletas e comerciais leves são diretamente proporcionais às quantidades desses equipamentos no ano de 2012.

A quarta posição em quantidade de equipamentos fica com os comerciais leves a diesel; para as emissões, assumem essa posição os caminhões semipesados com 4%, seguidos pelos caminhões pesados, com 3% das emissões.

Considerando a evolução ocorrida na quantidade de equipamentos, também houve alteração das quantidades de carbono emitidas ao longo dos anos. No Gráfico 4, observa-se a variação da emissão no mesmo período, ou seja, de 1987 a 1999 e de 2000 a 2012.

Gráfico 4: Evolução da emissão de CO por veículos automotores



Fonte: Adaptado de MME (2015)

Através do Gráfico 4 verifica-se que as emissões de CO por motocicletas, caminhões semipesados e caminhões pesados aumentaram no período analisado. Num primeiro momento, pode-se pensar que houve certa degradação em função desse crescimento. Contudo, tal aumento pode ser atribuído ao grande percentual observado na quantidade de motocicletas, 346%, ao mesmo tempo em que os comerciais leves cresceram por volta de 45% no período e apresentaram 260%, aproximadamente, de redução nas emissões.

Analisando a evolução na quantidade dos caminhões semipesados, observa-se uma redução de 5%, ou seja, de 4.416.984 unidades no período de 1987 a 1999, passou para 4.189.471 unidades no período de 2000 a 2012. Dessa forma, conclui-se que esse tipo de equipamento não recebeu a devida atenção, seja por parte de seus usuários, seja por parte da indústria.

Quanto ao aumento de emissão de CO pelos caminhões pesados, observa-se que, no período analisado, houve um aumento de 360% na quantidade, ou seja, de 838.474 unidades no período de 1987 a 1999, para 3.015.538 unidades no período

compreendido entre 2000 e 2012, o que pode justificar o aumento de emissão de CO para esse tipo de equipamento no período.

Através dessa breve análise envolvendo as quantidades de veículos e suas respectivas emissões ao longo do tempo, infere-se que, mesmo com a aplicação de novas tecnologias, o cuidado para que haja redução da emissão de poluentes pelo modal rodoviário deve ser uma constante.

Como um sistema importante por razões ambientais, econômicas e para a sociedade, a eficiência energética deve ser obtida já na fase de planejamento, considerando o consumo de energia para as atividades de modal rodoviário. Nesse sentido, o uso de combustíveis alternativos pode fazer parte da tomada de decisão estratégica das organizações.

De acordo com o Balanço Nacional 2015, publicado pelo Ministério de Minas e Energia:

O segmento de transporte, em valores absolutos, liderou o crescimento da demanda energética no ano de 2014, agregando 3,2 milhões de tonelada equivalente de petróleo. O consumo agregado do setor cresceu à expressiva taxa de 3,8%. A produção e o consumo de etanol cresceram respectivamente 3,3% e 8,2% em relação ao ano anterior. Foi registrado um incremento de 8,6% na produção de gasolina enquanto o consumo deste combustível subiu 5,3% (MME, 2015, p. 9).

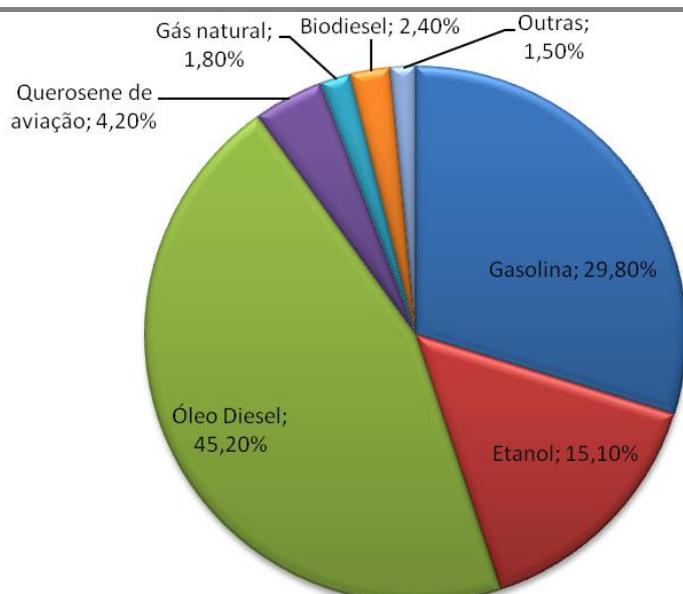
Ainda de acordo com o MME (2015), no ano de 2014, as emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira atingiram 485,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (Mt CO₂-eq), sendo a maior parte (221,9 Mt CO₂-eq) gerada no setor de transportes.

Englobando todos os setores participantes do Balanço Energético 2015 que consomem energia, a indústria concorreu com 32,9%, os transportes, com 32,5%, as residências, com 9,3%, o setor energético, com 10,3%, a agropecuária, com 4,2%, o setor de serviços, com 4,7%, e o setor que não usa energia, 6%.

A produção da indústria, o transporte de carga, e a mobilidade das pessoas respondem por 65% do consumo de energia do país.

Estratificando o consumo de energia por setor, obtêm-se os resultados referentes aos transportes, conforme pode ser visto no Gráfico 5.

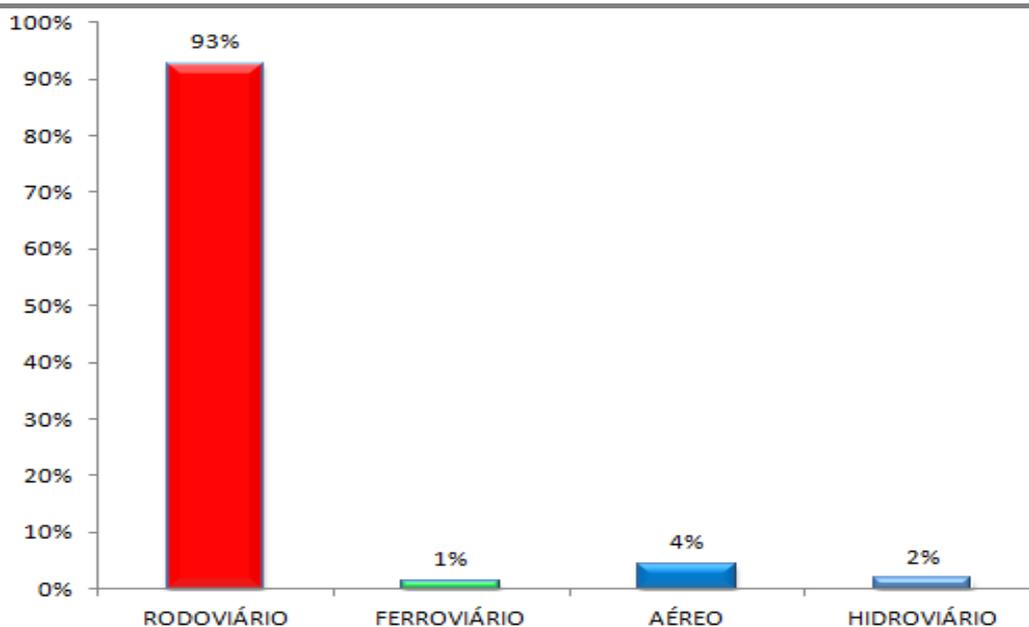
Gráfico 5: Matriz de consumo de energia nos transportes



Fonte: Adaptado de MME (2015)

Sendo o consumo apresentado no Gráfico 5 o somatório consumido por todos os modais de transporte, fez-se nova estratificação a fim de se conhecer o consumo referente a cada modal de transporte e, assim, identificar a participação do modal rodoviário. O Gráfico 6 apresenta o consumo energético por modal de transporte.

Gráfico 6: Consumo de energia por modal de transporte



Fonte: Adaptado de MME (2015)

Segundo o Gráfico 6, a maior parte do consumo de energia, 93%, se concentra no modal rodoviário, o que confirma ser este o modal de transporte menos sustentável, apesar de ser o mais utilizado.

Para a tomada de decisão, seja em nível de organização ou pessoa física, que ora assume o papel de gestor, ora o papel de cliente, como em qualquer situação de escolha, há necessidade de algum tipo de referência, seja para o bem ou não.

Envolvendo as variáveis intangíveis contidas na tomada de decisão quando o modal rodoviário tem participação, as mudanças de atitudes podem ser os primeiros desafios a serem vencidos.

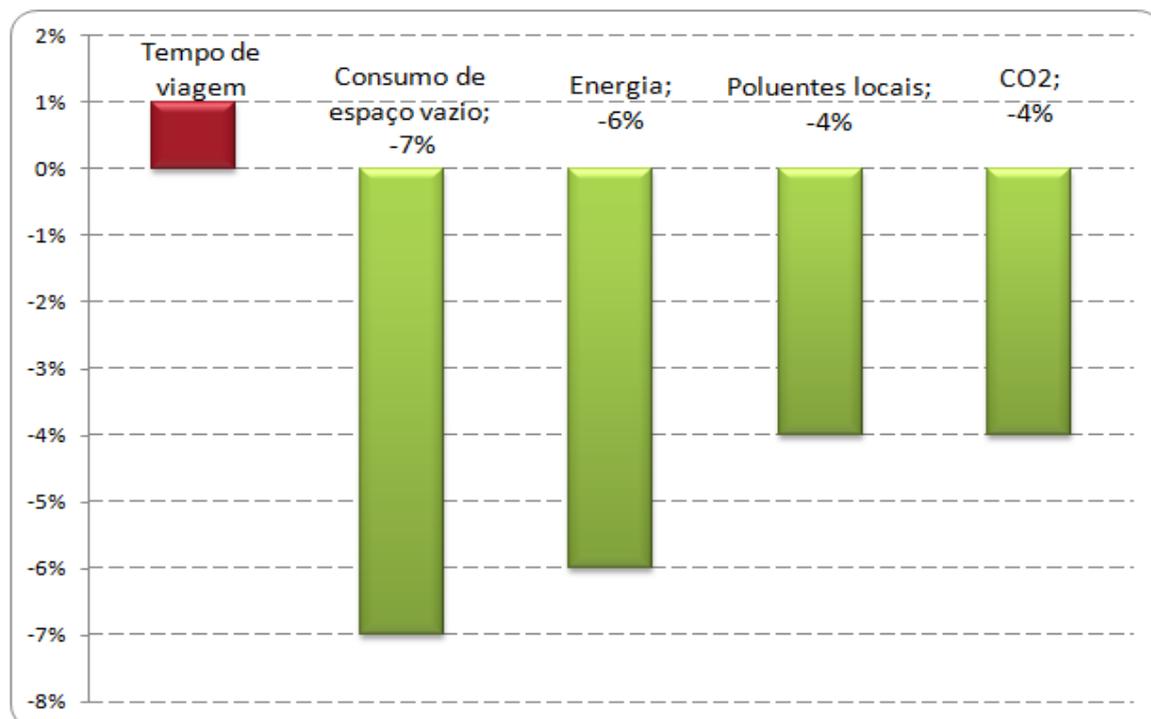
A tomada de decisão quanto ao modo de transporte a ser utilizado pode envolver tanto o transporte de carga quanto o de passageiros.

Nessa perspectiva e envolvendo variáveis da Logística Verde e o modal rodoviário, a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) disponibiliza em seu *site* um simulador de impactos ambientais, que auxilia na tomada de decisão quando há preocupação com o meio ambiente e se deseja conhecer o impacto da utilização desse ou daquele modo de transporte.

Para visualizar as contribuições que esse simulador oferece aos gestores de organizações socioprodutivas e órgãos públicos, e também às pessoas enquanto agentes de mudança, são apresentados a seguir os resultados de simulação realizada de forma seletiva, elegendo a cidade de Taubaté, no estado de São Paulo, como referência.

Se 10% das viagens de automóveis passassem a ser feitas de ônibus, a cidade teria os benefícios ilustrados pelo no Gráfico 7.

Gráfico 7: Resultado de simulação para mudança do modo de transporte na cidade de Taubaté



Fonte: Adaptado de ANTP, 2015

Como se pode observar, com a simples atitude de mudança na forma de se locomover em centros urbanos, ainda que por pequena parcela de usuários, há contribuição significativa, visto a redução no consumo de espaço vazio, 7%, economia de 6% no consumo de energia, eliminação de 4% de poluentes locais e outros 4% na emissão de CO₂.

Assim como essa ferramenta, que pode ser utilizada tanto no contexto pessoal quanto em contextos empresariais, existem outras ferramentas que podem envolver as variáveis da Logística Verde para auxiliar na tomada de decisão.

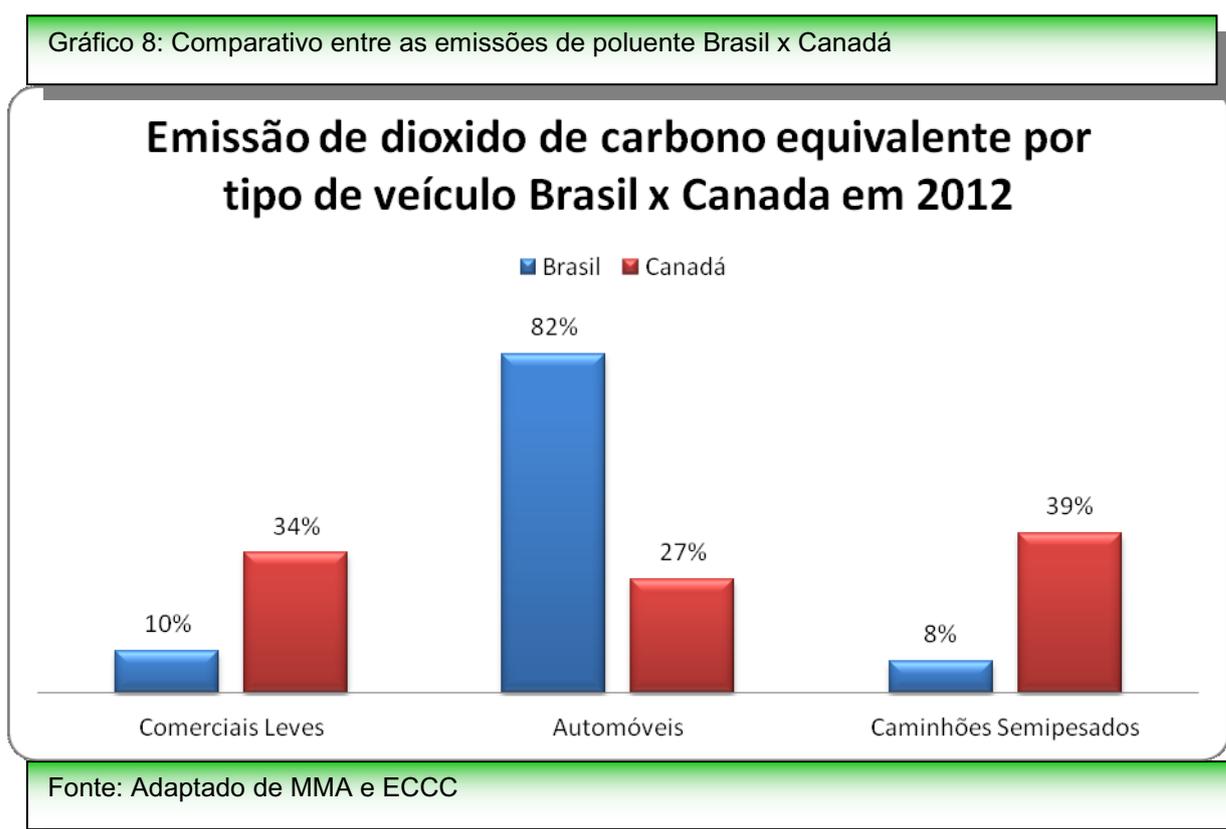
O desenvolvimento tecnológico tem contribuído com a disponibilização de *softwares* simuladores projetados para uso em situações que envolvem questões governamentais, empresariais e ambientais, em cenários de difícil tomada de decisão.

Com esses simuladores, as empresas com estratégias voltadas à sustentabilidade têm se diferenciado, tanto diante de seus competidores quanto

diante da sociedade, que, aos poucos, tem feito valer sua participação na tomada de decisão estratégica empresarial, principalmente por meio das redes sociais.

De acordo com o Departamento de Mudança Climática do Canadá, globalmente, cerca de 80% das emissões de gases de efeito estufa são provenientes de ações humanas, tais como a queima de combustível fóssil e processos industriais. Esse órgão destaca algumas atividades que são as principais fontes de emissões, sendo elas: movimentação dos veículos, produção de eletricidade, transporte de mercadorias, entre outras, e acrescenta que 23% das emissões do Canadá, no ano de 2014, tiveram como fonte os transportes.

No Gráfico 8 é possível comparar a emissão de gases de efeito estufa por amostra de tipo de veículos utilizados no modal rodoviário no Brasil e no Canadá.



Da leitura dos dados do Gráfico 8, percebe-se que, em termos relativos, existe certa equidade entre os valores divulgados, pois a soma das diferenças entre Brasil e Canadá (55%) das emissões dos comerciais leves ($34\% - 10\% = 24\%$) e caminhões semipesados ($39\% - 8\% = 31\%$) se equipara à diferença obtida para os

automóveis (82% - 27% = 55%). Assim, conclui-se que o uso de tecnologia a favor da diminuição da emissão de poluentes pelos automóveis no Canadá apresenta mais efetividade que no Brasil.

Segundo o *Environment and Climate Change Canada* (ECCC), o setor de transporte é o que mais gera impacto ambiental, tanto o de cargas quanto o de passageiros. Em função desse impacto, o governo federal tem se empenhado na proteção do meio ambiente através da implementação de medidas para a preservação da saúde dos canadenses e a redução das emissões oriundas dos veículos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade envolve a evolução natural das espécies e esta sugere que novos caminhos precisam ser trilhados. Considerando a preservação ambiental, o crescimento econômico e a qualidade de vida em sociedade, a realização desta pesquisa se justifica, pois, conforme as análises da pesquisa apresentadas na seção resultados e discussão, observa-se que seus objetivos foram alcançados.

Tendo como foco o objetivo geral, que buscou analisar as principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável que podem direcionar as atividades da Logística Verde como ferramenta estratégica na tomada de decisão para utilização do modal rodoviário, a pesquisa demonstrou que este modal, na análise da variável Eficiência Energética, participou, em 2014, com 93% de consumo de energia, fato esse que, dependendo da perspectiva das organizações socioprodutivas, pode fazer da sustentabilidade ambiental uma realidade ou uma retórica.

Em busca dos objetivos específicos, que procuraram identificar e categorizar as principais variáveis de gestão e desenvolvimento sustentável da Logística Verde oriundas do modal rodoviário, diagnosticar e analisar as variáveis tangíveis e intangíveis da Logística Verde, identificar as principais relações entre o modal rodoviário e a Logística Verde na sustentabilidade ambiental e analisar e discutir as variáveis da Logística Verde no modal rodoviário como ferramenta na tomada de decisão, constatou-se que os dados publicados por Associações, Ministérios e Institutos revelam homogeneidade entre os autores quando tratam da relação do modal rodoviário com a variável intangível qualidade de vida, devido ao nível de ruído que gera, bem como com a evolução das emissões de gases poluentes que vêm sendo reduzidas significativamente em razão do desenvolvimento tecnológico.

Quando comparados os resultados das emissões de gases do efeito estufa entre Brasil e Canadá, encontra-se equidade dentro dos limites estabelecidos, o que pode confirmar que o desenvolvimento sustentável depende de uma análise que considere as ações humanas no tempo e no espaço.

Diversos autores afirmam, por meio de suas pesquisas, que muitas empresas ao redor do mundo estão se preparando para se promoverem por meio do

gerenciamento da Logística Verde, mas que ainda é difícil mensurar se elas estão realmente comprometidas com a sustentabilidade ambiental ou se é apenas estratégia para um melhor relacionamento com seu público alvo (MCKINNON, 2012).

Com base nas características das atividades próprias da logística, inclusive com o uso da sugestão de Mckinnon (2012), evidencia-se que os *softwares* de simulação se apresentam como ferramentas essenciais para apoiar quaisquer tomadas de decisão, abrangendo as variáveis da Logística Verde.

Nesse sentido, a pesquisa permitiu a utilização de simulador disponibilizado pela Associação Nacional de Transportes Públicos, ferramenta esta que pode ser empregada estrategicamente por organizações socioprodutivas, seja para obtenção de resultados empresariais relacionados verdadeiramente à preocupação com a sustentabilidade ambiental ou não.

Sendo o setor de transporte rodoviário responsável por considerável parcela de poluentes lançados na atmosfera e, portanto, um redutor da qualidade de vida, cabe às organizações socioprodutivas e ao governo encontrar o ponto de equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social por meio da prática das atividades logísticas indispensáveis ao atendimento da demanda.

Nesse cenário, considera-se que o conjunto de variáveis que pode direcionar as atividades da Logística Verde como uma ferramenta estratégica na tomada de decisão no modal rodoviário, conforme apontado por Mckinnon (2012), melhora o relacionamento da empresa com o seu público em 70%, promove um retorno financeiro do investimento de 60%, reduz os gastos com combustíveis em 60%, aumenta a eficiência da cadeia de suprimentos em 55%, e reduz os riscos dos transportes em 50%.

Dessa forma, cabe a divulgação dos resultados encontrados por esta dissertação e outros trabalhos acadêmicos sobre Logística Verde, a fim de promover discussões que levem as organizações socioprodutivas a ponderar sobre a aplicação de seus conteúdos em função da constante redução dos custos das atividades logísticas com a agregação de valor promovida pelas dimensões social e ambiental, o que poderá levar ao aumento da lucratividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE (ANTT). **Institucional**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/14070/Institucional.html>>. Acesso em: 03 out. 2015.

_____. **Relatórios anuais**. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4880/Relatorios_Anuais.html#lista> Acesso em: 03 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP): **Simulador de Impactos Ambientais**. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/website/produtos/simulador>> Acesso em: 08 out. 2015.

BALLOU, R. H. L. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. Bookman, 2006.

_____. **Logística Empresarial**: transportes, administração e distribuição física. 1993 – 28 reimpr. São Paulo: Atlas, 2013.

BOWERSOX, D. et al., **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. Grupo A Educação. 4. ed. Porto Alegre. Mc Graw Hill, 2014.

CMMAD. Comissão mundial de meio ambiente e desenvolvimento. **Relatório Brundtland**: nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Ed. da FGV, 1991.

DEKKER, R.; BLOEMHOF, J.; MALLIDIS, I. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 3, p. 671, 2012.

CASTRO, AMG de; LIMA, SMV; CRISTO, CMPN. Marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica. **SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA**, v. 22, 2002.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA EM TRANSPORTES. **TRANSPORTE RODOVIÁRIO**: Sobre o modal rodoviário 2014. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario-relevancia.html>> Acesso: 30 abr. 2016.

DI SERIO, L. C.; VASCONCELLOS, M. A. **Estratégia e competitividade empresarial**: inovação e criação de valor. Saraiva, 2009.

DONATO, V. **Logística Verde**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna Ltda., 2008.

DORNIER, P. P. et al. **Logística E Operações Globais**: Textos e Casos – São Paulo: Editora Atlas, 2000.

ECCC, Environment and Climate Change. Transportation sector greenhouse gas emissions Canadian Report; Drivers and Impacts of Greenhouse Gas Emissions Disponíveis em < <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=F60DB708-1> > e < <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=D4C4DBAB-1>> Acesso: 09 mai. 2016.

EMMETT, E.; SOOD, V. **Green Supply Chains: An Action Manifesto**, Willey, UK, 2010.

FONTANA, A. M.; AGUIAR, E. M. Logística, transporte e adequação ambiental. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, p. 210-228, 2001.

LEFF, E. **Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo de saberes**. 2012.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2. ed. Pearson Prentice Hall, 2009.

MAQUERA, G. Logística Verde e Inversa: Responsabilidad Universitaria Socioambiental Corporativa y Productividad. **Apuntes Universitarios**, 2012, vol:2 iss:1 pg. 31-54.

MAY, P. **Economia do Meio Ambiente**, 2. ed. Elsevier Brasil, 2010.

MCKINNON, A. ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: A new priority for logistics managers. In: MCKINNON, Alan; BROWNE, Michael; WHITEING, Anthony (Ed.). **GREEN LOGISTICS: IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF LOGISTICS**. 2. ed. London: Kogan Page, 2012. Cap. 1. p. 3-29.

MENTZER, J. T. et al. Defining supply chain management. **Journal of Business logistics**, v. 22, n. 2, p. 1-25, 2001.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2013**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf>. Acesso em: 09 out. 2015.

MME, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional, 2015**. Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2016.

MORGAN, G. **Imagem das organizações**. São Paulo, Editora Atlas, 1996.

NOVAES, A G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Vozes, 2007.

PARAGON. **O que é simulação?** Disponível em <<http://www.paragon.com.br/academico/o-que-e-simulacao/>> Acesso em 09 mai. 2015.

PEREIRA, A. L. et al. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PIECYK, M.; CULLINANE, S.; EDWARDS, J. Assessing the external impacts of freight transport. In: MCKINNON, A.; BROWNE, M.; WHITEING, A. (Ed.). **GREEN LOGISTICS: IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF LOGISTICS**. 2. ed. London: Kogan Page, 2012. Cap. 2. p. 31-50.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRs. **Lei 12.305 de 02/08/10**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm >. Acesso em: 01 out. 2015.

PRICE WATERHOUSE COOPERS (PWC); SUPPLY CHAIN MANAGEMENT INSTITUTE (SCMI): **Transportation and Logistics 2030**, volume 1: How will supply chain evolve in an energy-constrained, low carbon world? 2009. Disponível em: < <http://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/tl2030/assets/pwc-tl2030-pub.pdf>> Acesso em: 08 out. de 2015.

RODRIGUE, J. P.; SLACK, B.; COMTOIS, C. Green logistics (the paradoxes of). In: BREWER, A.M.; BUTTON, K.J. ; HENSHER, D.A. (Ed.). **THE HANDBOOK OF LOGISTICS AND SUPPLY-CHAIN MANAGEMENT**, 2. ed. London: Elsevier, 2001. Cap. 1. p. 1-11.

SANTOS, E. et al. Desenvolvimento: um conceito multidimensional. **Revista eletrônica do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade do Contestado - DRd – Desenvolvimento Regional em debate**, Ano 2, n. 1, p. 44 - 61, jul. 2012.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SLACK, N. et al., **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e práticas de impacto estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

STUMPF, I. R. Pesquisa Bibliografia. In. DUARTE, Jorge e BARROS Antônio, org: **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação**. São Paulo: Editora Atlas, v. 2, 2005.

TIDD, J. ; BESSANT, J. ; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3 ed. – Porto Alegre. Bookman, 2008.

TESTA, F.; IRALDO, F. Shadows and lights of GSCM (Green Supply Chain Management): determinants and effects of these practices based on a multi-national study. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10, p. 953-962, 2010.

VALENTE, A. M. et al. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

VIEIRA, G. B. B., **Transporte Internacional de Cargas**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

VIEIRA, E. T.; SANTOS, M. J. Desenvolvimento Econômico Regional – uma revisão histórica e teórica. **REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**. Taubaté, São Paulo. v. 8, n. 2, p. 344-369, 2012.

VIEIRA, P. S. et al. Plano Estratégico da Produção de Biodiesel Utilizando Mamona Através de Modelo de Programação Linear Inteira-Mista. **Sistemas & Gestão**, v. 9, n. 4, p. 442-451, 2014.

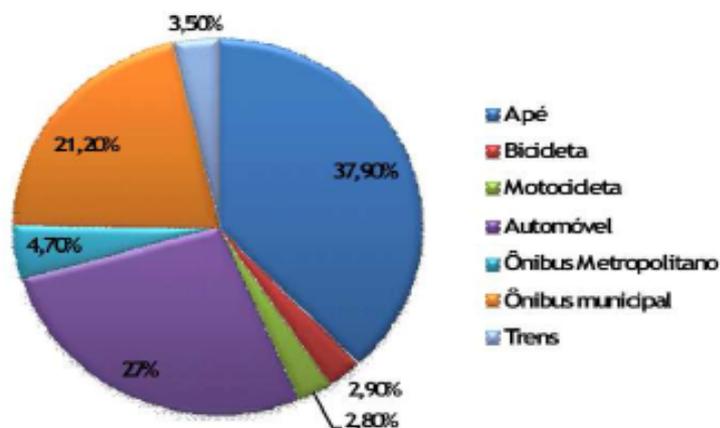
ANEXO A - 1/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

Os problemas decorrentes da expansão da frota veicular, sobretudo nas grandes cidades, tem demandado a contínua melhoria da qualidade dos combustíveis e da tecnologia dos veículos, além de soluções de mobilidade urbana, que constituem um conjunto de medidas necessárias ao alcance e manutenção de padrões de qualidade do ar compatíveis com a proteção da saúde das populações expostas.

Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros no Brasil é responsável por uma movimentação superior a 140 milhões de usuários/ano (quase 95% do total dos deslocamentos realizados no país). Na esfera do transporte urbano e interurbano de passageiros, dados da Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP mostram que nas cidades brasileiras com mais de 60.000 habitantes, cerca de 56% das viagens são feitas por meio rodoviário, sendo o transporte por ônibus (urbanos e metropolitanos) responsável por 26%, contra 30% da motorização individual (carros e motos).

Modos de deslocamento nas cidades brasileiras com população superior a 60.000 habitantes



Fonte: ANTP, 2008

A movimentação de cargas no país ainda é prioritariamente dependente do transporte rodoviário. Segundo o Plano Nacional de Logística de Transporte (Ministério dos Transportes, 2012) o modal rodoviário foi responsável por 52% do transporte regional de cargas realizado em 2011. O transporte ferroviário contribuiu com 30%, seguido de 8% de navegação de cabotagem, 5% hidroviário e os 5% restantes, por meio dutoviário.

ANEXO A - 2/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

VEÍCULOS LEVES

Os limites de emissões dos veículos leves foram inicialmente estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 18/1986, que estabeleceu as Fases L1, L2 e L3. As Fases L4 e L5 foram especificadas pela Resolução CONAMA nº 315/2002.

Em 2009, o CONAMA aprovou a Resolução nº 415, que introduziu a Fase L6 que entrou em vigor em 2013. A Fase L6 estabeleceu novos limites para a emissão de escapamento de veículos automotores leves de passageiros e veículos automotores leves comerciais. Ambas as categorias são para uso rodoviário e contemplam tanto veículos do ciclo Otto quanto Diesel.

Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases "L")

Fase	Implantação	Característica / inovação
Fase L1	1988 - 1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se também nesta fase o controle das emissões evaporativas. As principais inovações tecnológicas que ocorreram nesta fase foram: reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de NOx; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e a otimização do avanço da ignição.
Fase L2	1992 - 1996	A partir dos limites verificados na Resolução CONAMA nº 18/1986, nessa fase investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994 iniciou-se o controle de ruído dos veículos.
Fase L3	1997 - 2004	Em face da exigência de atender aos limites estabelecidos a partir de 1º de janeiro de 1997 (Resolução CONAMA nº 15/1995), ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado "sonda lambda").
Fase L4	2005 - 2008	Tendo como referência a Resolução CONAMA nº 315/2002, a prioridade nesta fase que teve início no ano de 2005 é a redução das emissões de HC e NOx, (substâncias precursoras de ozônio). Para o atendimento
		desta fase, se deu o desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica.
Fase L5	2009 - 2013	Com os limites de emissão da Resolução CONAMA nº 315/2002, da mesma forma que na fase L4, a prioridade na fase L5 é a redução das emissões de HC e NO. De maneira análoga à fase L4, as inovações tecnológicas se deram na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica. Nesta fase deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não-metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NOx para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto.
Fase L6	A partir de 2013	A fase L6 determinou reduções de 67% e 65% nas emissões de CO e Nox, respectivamente, além de melhorias na qualidade dos combustíveis. A principal inovação tecnológica prevista nessa fase é a utilização de dispositivos/sistemas para autodiagnose (OBD), obrigatória para veículos automotores leves do ciclo diesel, a partir de 1º de janeiro de 2015.

ANEXO A - 3/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

VEÍCULOS PESADOS

Verifica-se uma constante preocupação em relação aos veículos com massa total máxima maior que 3.856 kg, ou massa do veículo em ordem de marcha maior que 2.720 kg (veículos pesados de transporte de passageiros e/ou carga), uma vez que são os principais emissores de material particulado e óxidos de nitrogênio. Para tanto, a Resolução CONAMA nº 18/1986 deu, assim, os primeiros encaminhamentos para o controle da emissão de veículos a diesel.

Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”)

Fase	Implantação	Característica / inovação
Fase P1 e P2	1990-1993	Já em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P1 e P2). Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P1) e material particulado (fase P2) não foram exigidos legalmente.
Fase P3	1994- 1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x) por meio da adoção de intercooler e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%).
Fase P4	1998 - 2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3.
Fase P5	2003 - 2008	Teve como objetivo a redução de emissões de material particulado, NO e HC.
Fase P6	2009 - 2011	Assim como a fase P5, a fase P6, estabelecida pela Resolução CONAMA nº 315/2002, teve como objetivo principal a redução de emissões de material particulado, NO _x e HC.
Fase P7	A partir de 2012	Além de reduzir o limite para emissão de NO _x , a fase P7 estabeleceu a obrigatoriedade de incorporação de dispositivos ou sistemas para autodiagnose (OBD). Outra melhoria expressiva advinda dessa fase é relacionada à qualidade dos combustíveis, cujo teor de enxofre foi estabelecido em no máximo 10 ppm. Em termos de novas tecnologias para redução das emissões, destaca-se a recirculação dos gases de escape (EGR) associado ao filtro de partículas (DPF) e o catalizador de redução seletiva (SCR), que associado ao ARLA 32, um insumo a base de uréia, é capaz de reduzir o NO _x .

ANEXO A - 4/4 – FRAGMENTOS DO PROCONVE: PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES

Limites de emissão em g/kWh da fase P7 (Resolução CONAMA nº 403/2008)

	Poluentes/ Limites de emissão						
	NO _x	HC	CO	CH ₄ (*)	MP	NMHC	Opacidade
Ensaio E.S.C. (1) / E.L.R. (2)	2,00	0,46	1,5	N.A.	0,02	N.A.	0,5
Ensaio E.T.C. (3)	2,00	N.A.	4,00	1,10	0,03 (**)	0,55	N.A.

(*) somente motores a gás são submetidos a este limite.

(**) motores a gás não são submetidos a este limite.

(1) Ciclo E.S.C. – denominado Ciclo Europeu em Regime Constante – consiste de um ciclo de ensaio com 13 modos de operação em regime constante

(2) Ciclo E.L.R. – denominado Ciclo Europeu de Resposta em Carga – ciclo de ensaio que consiste numa sequência de quatro patamares a rotações constantes e cargas crescentes de dez a cem por cento, para determinação da opacidade da emissão de escapamento.

(3) Ciclo E.T.C. – denominado Ciclo Europeu em Regime Transiente – ciclo de ensaio que consiste de mil e oitocentos modos transientes, segundo a segundo, simulando condições reais de uso. Motores a gás são ensaiados somente neste ciclo.

Os resultados alcançados pelo PROCONVE desde 1986 mostram que a estratégia para sua implantação foi acertada, e seu êxito se deve a adoção de fases cada vez mais restritivas, credenciando-o como um dos programas mais bem sucedidos em termos de políticas para o setor ambiental.

Nos anos 80 os veículos leves emitiam, em média, cerca de 50g/Km de CO (seu principal poluente). Já na sua primeira fase, o PROCONVE definiu a redução dessa concentração em 50% para a metade dos veículos novos fabricados no país. Em um outro avanço, em 1989, alcançou-se uma redução ainda mais drástica, então englobando a totalidade dos veículos leves novos, passando o limite de emissão de CO para 12g/km. A nova fase que entrou em vigor em 2013 reduziu ainda mais esse limite, exigindo-se um máximo de 1,3 g de CO por km rodado.

Desde o início das exigências para os veículos pesados, as reduções foram da ordem de 80%, o que trouxe grandes benefícios para o ar das regiões metropolitanas, detentoras de grandes frotas de ônibus e caminhões. Os destaques tecnológicos decorrentes do Programa se deram através da introdução nos veículos de catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias nos combustíveis automotivos.

A continuidade e o sucesso do Programa têm agora que se voltar para a identificação real dos ganhos para o ambiente, traçando uma correlação clara entre a definição de novas fases tecnológicas e de restrição das emissões, com o monitoramento da qualidade do ar nas grandes cidades brasileiras.

ANEXO B – Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Otto

Ano	Automóveis			Comerciais Leves			Motocicletas	
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel	Gasolina C	Flex Fuel
1980	6.893.796	228.071	0	1.131.996	15.031	0	262.540	0
1981	7.022.313	355.801	0	1.100.749	22.450	0	402.322	0
1982	7.148.259	565.554	0	1.062.166	42.932	0	593.820	0
1983	6.971.855	1.099.574	0	1.008.928	83.171	0	776.829	0
1984	6.726.584	1.595.534	0	950.375	143.874	0	909.549	0
1985	6.450.955	2.161.017	0	890.850	209.186	0	1.015.187	0
1986	6.181.887	2.760.338	0	835.168	283.734	0	1.118.191	0
1987	5.864.215	3.118.235	0	779.294	350.574	0	1.223.118	0
1988	5.574.172	3.568.533	0	729.064	418.488	0	1.302.791	0
1989	5.431.103	3.857.648	0	707.696	463.702	0	1.370.303	0
1990	5.524.879	3.854.691	0	728.606	464.442	0	1.401.070	0
1991	5.624.264	3.891.814	0	749.193	472.632	0	1.413.112	0
1992	5.690.093	3.944.838	0	761.476	486.903	0	1.365.754	0
1993	6.004.812	4.040.256	0	797.536	504.738	0	1.332.676	0
1994	6.657.213	4.008.473	0	865.822	505.771	0	1.351.962	0
1995	7.680.860	3.872.761	0	998.039	489.871	0	1.447.805	0
1996	8.731.681	3.695.241	0	1.169.279	465.525	0	1.611.610	0
1997	9.949.869	3.499.729	0	1.349.344	438.594	0	1.893.488	0
1998	10.803.320	3.294.798	0	1.472.257	410.690	0	2.213.339	0
1999	11.434.882	3.092.516	0	1.534.575	383.070	0	2.495.138	0
2000	12.211.559	2.887.047	0	1.615.750	354.922	0	2.892.160	0
2001	13.074.519	2.687.104	0	1.681.039	329.731	0	3.382.928	0
2002	13.806.723	2.522.469	0	1.710.939	310.399	0	3.943.729	0
2003	14.366.308	2.348.921	39.002	1.739.019	286.780	9.024	4.525.324	0
2004	14.805.615	2.199.508	316.991	1.766.187	262.156	58.264	5.132.912	0
2005	14.845.015	2.040.147	1.042.657	1.764.539	239.193	141.063	5.813.405	0
2006	14.492.867	1.861.606	2.329.582	1.726.868	216.469	275.645	6.691.496	0
2007	14.025.561	1.692.239	4.104.220	1.688.523	195.092	485.930	7.842.122	0
2008	13.462.424	1.533.926	6.143.193	1.676.760	175.277	743.087	9.195.036	0
2009	12.852.893	1.386.737	8.459.244	1.681.639	157.013	1.023.159	9.973.685	183.375
2010	12.237.195	1.250.515	10.898.645	1.724.554	140.263	1.370.153	10.781.616	509.376
2011	11.671.185	1.124.970	13.235.493	1.794.969	124.981	1.746.075	11.157.206	1.414.660
2012	11.033.837	1.009.697	15.788.512	1.824.306	111.098	2.159.859	11.246.213	2.097.165

Fonte: inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários de 2013

ANEXO C – Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel

Ano	Comerciais Leves	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários
1980	50.687	0	164.344	273.525	171.636	0	99.628	4.539	11.574
1981	84.098	0	172.947	288.385	183.601	0	104.269	5.222	12.166
1982	125.795	0	181.435	294.373	188.449	0	107.875	5.684	12.618
1983	151.126	129	188.981	293.936	190.025	1.487	109.983	6.090	12.897
1984	176.276	676	200.345	293.537	193.260	3.985	111.402	6.429	13.092
1985	197.627	1.574	216.559	295.091	200.695	7.560	113.623	6.790	13.379
1986	219.453	3.912	240.486	297.810	211.701	12.259	116.889	7.081	13.775
1987	236.754	5.465	254.078	294.641	222.828	17.510	121.319	7.378	14.300
1988	265.490	6.734	265.862	290.731	233.453	23.570	127.912	7.846	15.084
1989	300.619	7.886	275.874	285.080	242.968	26.216	131.247	8.128	15.486
1990	327.147	9.182	278.767	285.634	240.939	33.045	135.014	8.262	15.920
1991	350.865	10.053	282.608	284.672	240.403	38.482	144.531	8.474	17.001
1992	368.072	10.097	279.766	278.038	236.594	43.624	150.957	8.590	17.727
1993	405.705	10.274	280.105	273.709	234.318	53.783	155.110	8.598	18.190
1994	450.290	10.309	284.629	271.793	234.972	67.729	160.092	8.593	18.743
1995	486.667	10.169	289.633	274.595	235.829	81.696	169.036	8.649	19.743
1996	510.815	9.901	289.441	271.792	234.668	90.758	175.960	8.741	20.522
1997	560.672	9.591	292.130	271.047	236.995	103.458	181.181	9.655	21.204
1998	613.918	9.439	293.687	270.002	240.588	112.957	186.291	11.218	21.945
1999	650.802	10.319	297.032	266.323	243.062	120.355	185.927	13.403	22.148
2000	706.301	12.870	306.796	264.019	251.208	130.225	187.425	18.702	22.903
2001	756.715	17.337	317.705	262.809	258.496	139.980	189.011	23.765	23.642
2002	788.647	24.043	323.332	259.699	262.188	149.342	189.149	30.194	24.372
2003	808.931	29.129	327.043	255.232	267.281	161.551	188.779	37.419	25.133
2004	838.912	35.763	332.783	251.035	277.623	180.363	188.787	43.597	25.820
2005	878.037	42.404	337.933	246.765	288.461	195.262	189.116	47.233	26.802
2006	920.375	48.853	342.275	243.722	296.118	207.742	192.684	51.907	27.625
2007	969.544	55.795	349.588	242.496	311.743	228.061	198.786	56.545	29.027
2008	1.048.609	63.001	359.146	241.996	335.511	258.882	206.828	63.001	30.072
2009	1.134.423	67.669	368.953	240.999	355.881	281.029	212.259	67.793	30.543
2010	1.254.140	72.788	386.994	242.711	390.850	323.130	220.933	73.987	31.772
2011	1.398.200	78.296	409.559	244.367	432.735	365.489	235.090	79.463	33.965
2012	1.533.936	82.219	425.296	243.913	461.376	394.482	245.225	83.201	35.518

Fonte: inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários de 2013

ANEXO D – Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	3.902.671	52.155	-	-	613.093	3.601	-	-	42.689	-	-
1981	3.468.582	175.167	-	-	516.972	11.239	-	-	59.971	-	-
1982	3.592.795	211.496	-	-	507.177	14.989	-	-	92.529	-	-
1983	3.169.134	384.024	-	-	428.176	29.045	-	-	114.048	-	-
1984	2.894.785	609.683	-	-	380.283	51.048	-	-	133.730	-	-
1985	2.867.894	822.476	-	-	366.906	76.715	-	-	159.119	-	-
1986	3.267.172	1.145.406	-	-	407.226	113.762	-	-	212.489	-	-
1987	2.870.217	1.217.761	-	-	349.672	130.144	-	-	218.863	-	-
1988	2.754.945	1.319.858	-	-	329.033	149.868	-	-	243.645	-	-
1989	2.895.072	1.478.613	-	-	340.920	172.875	-	-	289.911	-	-
1990	2.993.119	1.364.272	-	-	352.287	161.482	-	-	326.810	-	-
1991	3.134.872	1.369.767	-	-	371.817	162.825	-	-	361.877	-	-
1992	3.028.294	1.225.794	-	-	361.025	146.275	-	-	362.903	-	-
1993	2.867.035	1.209.311	-	-	342.209	144.737	-	-	351.612	-	-
1994	2.754.477	1.169.810	-	-	328.493	140.432	-	-	350.304	-	-
1995	2.613.134	1.164.429	-	-	312.277	139.890	-	-	361.469	-	-
1996	2.495.936	1.132.722	-	-	302.160	135.716	-	-	398.767	-	-
1997	2.267.623	952.320	-	-	277.919	113.542	-	-	454.176	-	-
1998	1.962.929	876.409	-	-	241.614	103.946	-	-	515.962	-	-
1999	1.643.203	790.494	-	-	202.600	93.254	-	-	552.797	-	-
2000	1.366.052	599.995	-	-	168.372	70.393	-	-	586.726	-	-
2001	1.172.786	459.199	-	-	144.278	53.594	-	-	655.323	-	-
2002	1.027.374	450.443	-	-	125.788	52.348	-	-	748.360	-	-
2003	923.813	367.326	111	111	112.414	42.518	26	26	786.607	-	-
2004	838.630	382.415	-	2.358	101.450	44.038	-	449	771.275	-	-
2005	757.795	291.595	-	7.551	91.196	33.390	-	1.144	743.801	-	-
2006	650.399	218.115	1.456	15.753	77.963	24.870	178	1.981	668.742	-	-
2007	606.492	189.650	5.954	30.345	72.520	21.557	699	3.616	656.235	-	-
2008	555.648	162.441	12.983	53.878	66.514	18.418	1.546	6.499	632.508	-	-
2009	467.881	126.040	26.064	67.895	56.273	14.266	3.039	8.095	553.789	259	467
2010	425.781	104.906	54.365	69.063	51.733	11.864	6.167	8.220	515.214	1.551	1.299
2011	373.901	83.516	92.956	52.598	46.484	9.431	10.683	6.757	457.956	6.047	2.374
2012	330.765	66.899	121.832	49.688	42.457	7.542	14.462	7.107	406.768	11.846	3.723

Fonte: inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários de 2013

ANEXO E – Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	496	16.807	541	2.305	-	10.394	30.528	31.313	-	-
1981	748	16.049	560	2.229	-	10.237	30.059	30.974	-	-
1982	1.148	16.057	599	2.267	-	10.475	30.290	31.582	-	-
1983	1.427	15.260	596	2.193	2	10.306	28.626	30.169	131	-
1984	1.713	15.470	630	2.267	15	11.034	28.906	31.026	489	-
1985	1.967	15.588	657	2.325	42	11.956	29.069	32.176	1.040	-
1986	2.444	17.641	753	2.665	116	14.722	32.596	37.732	1.998	-
1987	2.685	18.303	774	2.785	200	16.124	32.682	40.234	3.032	-
1988	2.896	18.879	787	2.876	255	16.670	31.482	41.604	4.113	20
1989	3.328	20.002	827	3.057	311	17.706	31.291	44.343	5.065	13
1990	3.642	20.193	818	3.106	358	17.889	30.461	44.411	5.961	13
1991	4.007	21.880	833	3.347	412	18.475	30.998	44.974	7.356	13
1992	4.246	23.512	833	3.569	432	18.529	30.501	44.545	8.471	-
1993	4.645	24.796	830	3.765	442	18.710	30.196	44.535	10.252	168
1994	5.263	26.031	823	3.959	454	19.242	30.329	45.180	13.119	309
1995	5.917	28.102	827	4.252	460	20.062	31.141	46.406	16.596	329
1996	6.387	30.225	833	4.543	454	20.511	31.588	46.984	19.461	242
1997	7.134	32.560	935	4.903	454	21.333	32.477	48.803	22.771	316
1998	8.100	34.491	1.177	5.047	452	22.109	33.307	50.957	26.134	887
1999	8.743	34.594	1.510	4.854	470	22.297	32.953	51.706	28.124	1.068
2000	9.501	34.581	2.153	4.871	563	23.105	32.919	53.633	30.441	2.103
2001	10.152	34.142	2.945	4.946	733	23.737	32.411	54.996	32.352	3.844
2002	10.542	33.569	3.578	5.036	932	24.215	32.026	55.864	33.939	6.586
2003	9.794	30.082	3.804	4.723	1.009	22.441	28.987	51.793	32.537	8.924
2004	9.970	29.541	4.333	4.853	1.178	22.807	28.710	53.086	34.788	10.618
2005	9.469	26.912	4.357	4.634	1.273	21.500	26.332	50.754	34.542	13.068
2006	9.252	25.349	4.414	4.539	1.385	20.734	24.773	49.545	34.674	15.500
2007	9.357	25.023	4.640	4.613	1.541	20.666	24.138	50.174	36.176	17.196
2008	9.487	24.735	4.877	4.646	1.687	20.451	23.327	51.157	38.315	16.482
2009	9.103	22.806	4.771	4.241	1.694	18.903	20.881	48.665	37.505	14.153
2010	10.033	23.735	5.227	4.264	1.877	19.520	20.809	52.034	40.448	13.491
2011	10.700	24.701	5.571	4.273	2.044	19.859	20.414	55.895	43.223	13.252
2012	9.873	22.928	5.206	3.938	1.961	18.364	18.266	53.767	41.155	13.049

Fonte: inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários de 2013