

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

JOSÉ LEONARDO DA SILVEIRA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE INDICADORES DA LOGÍSTICA REVERSA NA
INDÚSTRIA DE CALÇADOS DE JUAZEIRO DO NORTE**

Guaratinguetá - SP
2017

JOSÉ LEONARDO DA SILVEIRA GUIMARÃES

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE INDICADORES DA LOGÍSTICA REVERSA NA
INDÚSTRIA DE CALÇADOS DE JUAZEIRO DO NORTE**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia Mecânica na Área de
Gestão e Otimização.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon

Guaratinguetá - SP
2017

G963a

Guimarães, José Leonardo da Silveira

Análise multicritério de indicadores da logística reversa na indústria de calçados de Juazeiro do Norte / José Leonardo da Silveira Guimarães – Guaratinguetá, 2017

126 f.: il.

Bibliografia: f. 89-102

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon

1. Logística reversa. 2. Calçados-Indústria. 3. Processo decisório.
- I. Título

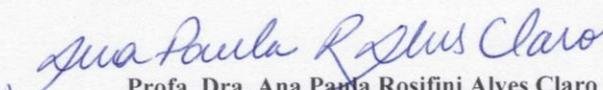
CDU 658.5(043)

JOSÉ LEONARDO DA SILVEIRA GUIMARÃES

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”

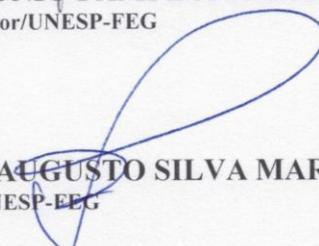
PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: GESTÃO E OTIMIZAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Profa. Dra. Ana Paula Rosifini Alves Claro
Coordenadora

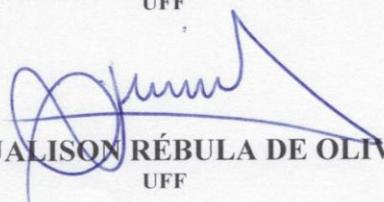
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
UNESP-FEG


Prof. Dr. ANEIRSON FRANCISCO DA SILVA
UNESP-FEG


Prof.^a. Dr.^a. CECILIA TOLEDO HERNANDEZ
UFF


Prof. Dr. UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA
UFF

Julho de 2017

DADOS CURRICULARES

JOSÉ LEONARDO DA SILVEIRA GUIMARÃES

NASCIMENTO	09.10.1963 – Recife / PE
FILIAÇÃO	Enio de Mélo Guimarães Maria Salomé da Silveira Guimarães
1984/2000	Engenharia Mecânica Universidade Federal da Paraíba
1994/1997	Mestrado em Engenharia de Produção Universidade Federal da Paraíba

Dedico este trabalho
de modo especial, a minha Família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos. Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

À minha mãe *D. Mita*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivou meus estudos, e meus irmão Alfredo, Enio (*in memorian*), Lena, Vera e Jacque.

À UNESP, pela oportunidade desse aprendizado no DINTER em convênio com a URCA.

Aos professores da FEG/UNESP, na pessoa do *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins*, agradeço a todos.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

À URCA, e companheiros de trabalho.

A Ediglê, a Eraldo e André (AMAJU) pelo incentivo e apoio para realização da pesquisa de campo no período 2015-2016.

Às instituições que colaboraram com a realização da pesquisa, empresas calçadistas e seus funcionários, AMAJU, SEMACE.

Este trabalho de doutorado foi realizado com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Processo nº 9183/2012

“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;
à medida que vamos adquirindo conhecimento,
instala-se a dúvida.”
Goethe

RESUMO

Aspectos econômicos, legais, ambientais e sociais tornam a Logística Reversa (LR) um assunto de destaque nos meios empresarial e acadêmico, considerando que sua função é a gestão dos processos de retorno de materiais, para tornar viável o reaproveitamento ou destino final adequado. Tendo em vista a movimentação de materiais existente nas redes logísticas existentes em *clusters* industriais, verifica-se na literatura a falta de estudos específicos referentes às operações de retorno associadas à LR. Por outro lado, os *clusters* industriais possuem reconhecida importância para economias regionais, por meio do fortalecimento de pequenas e médias empresas. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar as atividades relacionadas à LR no *cluster* industrial calçadista de Juazeiro do Norte - CE, buscando identificar particularidades estruturais e gerenciais. Essas particularidades estão relacionadas a diversos fatores, e, além dos já citados, também são determinantes o tipo de produto e seus materiais constituintes, relações com *stakeholders*, tecnologia entre outros. O estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa exploratória utilizando o método de estudo de caso, incluindo entrevistas e observações diretas. A análise foi feita utilizando um modelo de tomada de decisão multicritério que aplica o *Analytic Network Process* (ANP) e o *Balanced Scorecard* (BSC) para avaliar aspectos gerenciais estratégicos da LR. Utilizando-se a teoria da compatibilidade para quantificar o nível de similaridade entre vetores de decisão, os resultados obtidos foram comparados com respeito às diferenças entre unidades de estudo, assim como em relação aos dados mais gerais da indústria brasileira. Como resultados, identificou-se que as atividades da LR no *cluster* em foco são fortemente influenciadas pelas características do produto, por aspectos relacionados às aglomerações produtivas, no que se refere à economia e competitividade, assim como às diferenças existentes na gestão das empresas.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa. Indústria calçadista. *Cluster* industrial. Tomada de decisão com múltiplos critérios.

ABSTRACT

Economic, legal, environmental and social aspects turn Reverse Logistics (RL) an important subject in business and academic circles, considering that its function is managing processes of return of materials, to make feasible the reutilization or proper disposal. Taking into account the flow of materials in supply chain existing in industrial clusters, it is verified lack of specific studies regarding return operations associated with LR. On the other hand, industrial clusters are very important for regional economies, through strengthening of small and medium enterprises. In this sense, this work aims to evaluate the activities related to RL in the footwear industrial cluster of Juazeiro do Norte city, Ceará state, seeking to identify structural and managerial particularities. These particularities are related to several factors, and, in addition to those already mentioned, are also determinants the type of product and its constituent materials, relations with stakeholders, technology, and others. The study was developed through exploratory research using the case study method, including interviews and direct observations. In the analysis, was used a multicriteria decision-making model that applies the *Analytic Network Process* (ANP) and the Balanced Scorecard (BSC) to evaluate strategic managerial aspects of LR. Using the theory of compatibility to quantify the level of similarity between decision vectors, the results obtained were compared with respect to the differences between study units, as well as in relation to the more general data of the Brazilian industry. As a result, it was identified that the activities of LR in the cluster in focus are strongly influenced by the characteristics of the product, aspects related to productive agglomerations respect to economy and competitiveness, as well as differences in management of the companies.

KEYWORDS: Reverse logistics. Footwear industry. Industrial cluster. Multiple Criteria Decision Making (MCDM).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas da pesquisa	22
Figura 2 – Número de artigos sobre gerenciamento e desempenho na LR (2007-2016)	24
Figura 3 - Diagrama de fluxo básico de atividades de logística reversa	27
Figura 4 - Interpretando visão e estratégia segundo o BSC	31
Quadro 1 – Abrangência das perspectivas do BSC	32
Quadro 2 – BSC modificado com seis perspectivas	33
Quadro 3 – Relação da LR com as perspectivas do BSC.....	33
Quadro 4 – Tomada de decisão e avaliação de desempenho na LR usando MCDM	37
Quadro 5 – Escala fundamental de números absolutos	41
Figura 5 - Hierarquia Linear do <i>Analytic Hierarchy Process</i> – AHP	39
Figura 6 - A estrutura em rede do ANP	39
Figura 7 – Matriz de decisão com escala relativa	42
Figura 8 – Equação para o cálculo do autovetor direito	43
Figura 9 – Esquema de conteúdo e sequência para o estudo de caso	56
Quadro 6 – Critérios para avaliar qualidade de projetos de estudo de caso	57
Figura 10 – Esquema do método de estudo de caso aplicado à pesquisa	58
Figura 11 - Modelo hierárquico de gerenciamento da LR	61
Figura 12 – Modelo conceitual de gerenciamento da LR	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores limite para índices de compatibilidade e de consistência	47
Tabela 2 – Percentual de pessoal ocupado e de empresas de calçados por estado brasileiro	49
Tabela 3 – Composição do setor calçadista nacional por porte das empresas.....	49
Tabela 4 – Cinco principais Estados brasileiros por número de empresas calçadistas (2010)	50
Tabela 5 - Matriz de alcance global	62
Tabela 6 - Matriz de alcance local	62
Tabela 7 – Matriz de alcance global do primeiro nível da análise	63
Tabela 8 – Matriz de alcance local do primeiro nível da análise	63
Tabela 9 – Matriz de alcance global do segundo nível da análise	64
Tabela 10 – Matriz de alcance local do segundo nível da análise	64
Tabela 11– Valores de prioridade para os objetivos relacionados à LR	70
Tabela 12 – Compatibilidade entre prioridades individuais e prioridade geral dos objetivos	70
Tabela 13– Prioridades dos programas de LR relacionadas às empresas brasileiras	70
Tabela 14 – Compatibilidade entre vetores dos objetivos indústrias de calçados versus nacional	71
Tabela 15 – Prioridade dos indicadores por unidade de estudo	72
Tabela 16 – Compatibilidade entre prioridades individuais e prioridade geral dos indicadores.....	72
Tabela 17 – Prioridades dos indicadores de LR relacionadas a empresas brasileiras	73
Tabela 18 – Compatibilidade vetores indicadores: indústrias de calçados versus nacional ...	74
Tabela 19 – Prioridades dos indicadores em relação aos objetivos por unidade de estudo ...	75
Tabela 20 – Prioridades considerando importâncias diferentes dos indicadores	75
Tabela 21 – Compatibilidade entre vetores considerando importância dos indicadores	75
Tabela 22 – Prioridades considerando valor médio das importâncias indicadores	76
Tabela 23 – Compatibilidade considerando importância dos indicadores usando a média	76
Tabela 24 – Compatibilidade: indicadores com diferentes importâncias versus nacional	77
Tabela 25 – Vetores de prioridade calculados pelos métodos AIP e AIJ	77
Tabela 26 – Compatibilidade entre vetores gerais: métodos AIP versus AIJ	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - Analytical Hierarchy Process

ANP - Analytical Network Process

BOCR - Benefits, Opportunities, Costs and Risks

BSC - Balanced Scorecard

CLSC - Closed-Loop Supply Chain

DEA - Data Envelopment Analysis

DEMATEL - Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory

ELECTRE - Elimination Et Choix Traduisant la Réalité

EOL - End-of-Life

EVA - Etil Vinil Acetato

GP - Goal Programming

GRI - Global Reporting Initiative

GSC - Green Supply Chain

ISM - Interpretive Structural Modeling

MACBETH - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique

MCDM - Multiple Criteria Decision Making

MAUT Multi-Attribute Utility Theory

PP - Performance Prism

PROMETHEE - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations

PVC - Policloreto de Vinil

QFD - Quality Function Deployment

SBR - Borracha Sintética de Estireno/Butadieno

TBL - Triple Bottom Line

TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

VAS - Value-Added Service

SSC - Sustainable Supply Chain

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E QUESTÕES DA PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO, JUSTIFICATIVA E ETAPAS DA PESQUISA	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2	REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1	LOGÍSTICA REVERSA – LR	24
2.2	ASPECTOS IMPORTANTES NA ANÁLISE DA LR	27
2.2.1	Objetivos (Drivers) da LR	28
2.2.2	Indicadores/métricas de desempenho	29
2.2.3	Balanced Scorecard – BSC	30
2.2.4	Sustentabilidade e o Triple Bottom Line – TBL	34
2.2.5	Modelos na análise da LR	36
2.3	ANALYTIC NETWORK PROCESS – ANP	38
2.4	GROUP DECISION MAKING	45
2.4.1	Procedimentos para agregação de julgamentos ou prioridades individuais	45
2.4.2	Análise de compatibilidade	46
2.5	INDÚSTRIA CALÇADISTA	48
3	ABORDAGEM METODOLÓGICA	51
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	51
3.2	MÉTODO DE PESQUISA	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1	A LR NO CLUSTER CALÇADISTA DE JUAZEIRO DO NORTE – CE	67
4.2	CARACTERÍSTICAS GERENCIAIS DA LR	69
4.3	AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES	74
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	78
5	CONCLUSÕES	82
5.1	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS, RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DA PESQUISA E DIFICULDADES ENCONTRADAS	82
5.2	PRINCIPAIS RESULTADOS DA PESQUISA	86
5.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	88

REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A – Protocolo do estudo de caso	103
APÊNDICE B – Roteiros de entrevista	105
APÊNDICE C – Material para aplicação do método multicritério	107
APÊNDICE D – Relatório do resultado das entrevistas	113
APÊNDICE E – Agregação dos julgamentos pelo método AIJ	117
APÊNDICE F – O cálculo dos índices de compatibilidade	121
ANEXO A – Material utilizado para orientar nos julgamentos	123

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E QUESTÕES DA PESQUISA

Nas últimas décadas, com a verificação de limites no potencial de recursos naturais para o desenvolvimento econômico vinculado a um crescente nível de consumo, questões ambientais ganharam destaque e, reciclagem, reutilização, redução de consumo de recursos naturais, responsabilidade ambiental e fabricação de produtos verdes, são assuntos que ganharam destaque (BRITO; DEKKER, 2002).

Ao mesmo tempo, pressões relacionadas à competitividade devido a exigências dos consumidores têm exigido das empresas maior variedade de produtos, com inovações frequentes e ciclo de vida menores (HUANG; SU, 2013). Isso contribui para o aumento da quantidade de materiais descartados e complexidade relacionada ao reaproveitamento.

De acordo com o *Council of Supply Chain Management Professionals* – CSCMP, dentro do processo de gestão da cadeia de suprimentos, cabe ao gerenciamento logístico o planejamento, implementação e controle do eficiente e econômico fluxo direto e reverso, a estocagem de produtos, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, buscando satisfazer as necessidades do cliente (CSMP, 2017).

Dentro dessa abordagem, a Logística Reversa (LR) é definida como a função que envolve o planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, material em processo, produtos acabados, e informações relacionadas, do ponto de consumo ao ponto de origem, com o objetivo de recaptura ou criação de valor ou descarte final adequado (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001). A LR tem por objetivo a viabilidade econômica das operações de retorno de produtos e resíduos ao ciclo produtivo e, redução do impacto ambiental, atendendo assim a exigências legais e do mercado consumidor. Por outro lado, melhoria de serviço e satisfação do cliente e da imagem corporativa são outros benefícios identificados como resultantes da prática efetiva da LR (DAUGHERTY; AUTRY; ELLINGER, 2001)

No Brasil, a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e, que impõe responsabilidades ao estado, instituições e população, em seu Art. 3º, inciso XII, define LR 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 (BRASIL, 2010).

A LR abrange todos os aspectos relacionados à sustentabilidade (PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007; XAVIER; CORRÊA, 2013), ou seja, abrange as dimensões ambiental, social e econômica, conhecidas como tripé da sustentabilidade *Triple Bottom Line* (TBL) da sustentabilidade organizacional, como proposto por Elkington (1997) e, de acordo com Govindan, Soleimani e Kannan (2015), as três dimensões TBL junto à legislação são os principais fatores para a crescente atenção em relação à LR nos meios acadêmico e prático. Deve-se considerar que a consciência ambiental, legislações mais rigorosas e responsabilidade das empresas durante o ciclo de vida dos produtos a partir dos anos 1990 aumentaram a importância da LR (FLEISCHMANN et al., 1997).

Os fluxos reversos podem estar relacionados a materiais e componentes de produtos ou resíduos de processos, ou a devoluções comerciais, que retornam ao ciclo produtivo para serem reutilizados ou reciclados (XAVIER; CORRÊA, 2013). Para tanto, atividades de LR podem envolver ações relacionadas a coleta, triagem, transporte, orientar para o tratamento adequado (reuso direto, remanufatura, reciclagem, recuperação ou descarte como resíduo), revenda, entre outras (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012; GENCHEV; RICHEY; GABLER, 2011; LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011; ROGERS; MELAMED; LEMBKE, 2012).

A LR se torna mais complexa de acordo com as características do produto (ROGERS; MELAMED; LEMBKE, 2012). Além disso, pode-se destacar as seguintes características relacionadas a LR: alta incerteza em qualidade, quantidade e tempo dos produtos retornados (RAVI; SHANKAR, 2015), assim como heterogeneidade, dinamismo e variedade de operações (SHAIK; ABDUL-KADER, 2014) entre outras.

As incertezas incrementam os desafios relacionados à avaliação de desempenho (RAVI; SHANKAR, 2015), assim como o processo decisório torna-se mais difícil devido à tomada de decisão com base na sustentabilidade (PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007) e, presença de múltiplos critérios (técnicos e gerenciais) e diferentes tomadores de decisão envolvidos (MADAAN; KUMAR; CHAN, 2012).

Tendo em vista as características acima citadas, técnicas de tomada de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Making – MCDM*) são bem empregadas para análises nas decisões relativas a LR (ILGIN; GUPTA; BATAÏA, 2015; MEADE; SARKIS, 2002; RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2008; WADHWA; MADAAN; CHAN, 2009). A MCDM, de acordo com a *International Society on Multiple Criteria Decision Making* (2016), diz respeito a métodos e procedimentos pelos quais preocupações sobre vários critérios conflitantes podem ser formalmente incorporadas no processo de planejamento gerencial.

Entre as técnicas de MCDM empregadas na análise de LR pode-se destacar: *Goal Programming* (GP), *Data Envelopment Analysis* (DEA), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), *Technique for Ordering Preference by Similarity to the Ideal Solution* (TOPSIS), entre outras (GOVINDAN; SOLEIMANI; KANNAN, 2015).

O AHP, e sua generalização o ANP, propostos por Saaty (1980, 1996) respectivamente, são métodos muito empregados quando ambos fatores qualitativos e quantitativos são considerados (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012). Além disso, o ANP permite avaliações de interdependências, tornando possível avaliar influências sistêmicas (MEADE; SARKIS, 1999; SARKIS, 1998), sendo, portanto, considerado um modelo mais flexível para modelar situações reais (SIPAHI; TIMOR, 2010).

As principais razões para escolha do ANP em análise de LR, que envolve ampla faixa de aspectos estratégicos e operacionais, tangíveis e intangíveis (PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007), é a possibilidade de análise em ambientes de decisão complexos (HSUEH; LIN, 2015) e de questões importantes que influenciam a longo prazo a estratégica competitiva de uma empresa (GOVINDAN; SARKIS; PALANIAPPAN, 2013).

Na literatura, registra-se várias aplicações do ANP em análise de LR: para seleção de provedor de LR (GOVINDAN; SARKIS; PALANIAPPAN, 2013; MEADE; SARKIS, 2002), em análise de alternativas de LR para computadores pós consumo (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005), para gerenciamento de LR integrado a questões estratégicas organizacionais (HERNÁNDEZ, 2010), seleção de estratégia de coleta para reciclagem (SHIUE; LIN, 2012), seleção de estratégia de classificação de materiais retornados (HSUEH; LIN, 2015), entre outras.

O ANP é também empregado em combinação com outras técnicas (HO, 2008; VAIDYA; KUMAR, 2006): *Technique For Order Desempenho by Similarity to Idea Solution* (TOPSIS) (SHYUR, 2006); *Goal Programing* (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2008); *Balanced Scorecard* (BSC) (HERNÁNDEZ, 2010; HSUEH; LIN, 2015; RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005; SHIUE; LIN, 2012) entre outras.

A avaliação de desempenho é um dos mais importantes temas nos estudos no campo da LR (GOVINDAN; SOLEIMANI; KANNAN, 2015; ILGIN; GUPTA; BATTALIA, 2015; NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2013; SHAIK; ABDUL-KADER, 2014) e, a esse respeito, de acordo com Ahi e Searcy (2015), indicadores ou métricas de desempenho são importantes para avaliar efeitos relacionados a objetivos ou políticas definidas e decisões tomadas, podendo ser aplicados em diferentes níveis de complexidade.

Por outro lado, há necessidade de identificar, por meio de estudos de caso, indicadores e

métricas com foco na sustentabilidade, relacionados a características de indústrias específicas (TATICCHI et al., 2014), assim como aplicar modelos propostos na literatura para análise da LR (HERNÁNDEZ, 2010; SHAIK; ABDUL-KADER, 2014).

Este trabalho tem como objeto de estudo a LR em um *cluster* industrial calçadista. Portanto, a seguir serão tratados aspectos relacionados aos *clusters* industriais e às indústrias de calçados, destacando a falta de estudos referentes a LR nas respectivas cadeias produtivas.

Clusters são definidos como

concentrações geográficas de empresas e instituições interconectadas em um campo de atividade, englobando uma certa quantidade de indústrias relacionadas e outras entidades importantes para a concorrência (fornecedores de insumos especializados, como componentes, máquinas e serviços, infraestrutura especializada etc.), muitas vezes estendendo-se a jusante para canais de distribuição e clientes e lateralmente aos fabricantes de produtos complementares, ou empresas com habilidades, tecnologias ou insumos comuns. Podem incluir instituições públicas ou privadas (universidades, agências de normatização, grupos de pesquisa, de formação profissional e associações comerciais) que fornecem treinamento especializado, educação, informação, pesquisa e suporte técnico. (PORTER, 1998)

No entanto, há uma certa variação em relação as possibilidades de configuração de um *cluster*, podendo haver desde *clusters* compostos por pequenas empresas com rivalidade acentuada, a *clusters* centrados em uma empresa maior, havendo uma hierarquia na relação com as menores (MARKUSEN, 1996).

A vantagem competitiva advinda da forma de organização em *clusters* é importante para o fortalecimento de pequenas e médias empresas e, conseqüentemente, apresenta efeito positivo para o desenvolvimento regional (GODINHO FILHO; FERNANDES; LIMA, 2009; SILVA et al., 2013; SUZIGAN et al., 2004). Neste sentido, Schmitz (1999) classifica como eficiência coletiva a vantagem competitiva resultante de economias externas locais e ações conjuntas. Além da redução nos custos de transação devido à concentração e proximidade, ganhos econômicos internos ou externos às empresas são também devidos à escala de produção, escopo (diversidade ou natureza multiproduto da produção, além da existência da cadeia produtiva) e complexidade (produção multiprocesso ou multi-estágio) (WOOD; PARR, 2005).

A indústria de calçados é um importante setor da economia brasileira, considerando o volume de produção, participação na pauta de exportações e geração de emprego (GODINHO FILHO; FERNANDES; LIMA, 2009), sendo, principalmente, composto por grandes empresas, assim como, por *clusters* integrados por pequenas e médias empresas (GUIDOLIN; COSTA; ROCHA, 2010) e, cujos desempenhos são vinculados à cooperação entre essas (RABELLOTTI, 1999; TRISTÃO; OPRIME; PIMENTA, 2016).

Com enfoque no setor calçadistas, Silva et al. (2013) destacaram que *clusters* industriais apresentam relações comuns às observadas em cadeias de suprimentos, mesclando competição e cooperação. Esse é um aspecto importante, existindo na literatura o termo *cluster supply chain* (CSC) que diz respeito às cadeias produtivas existentes em *clusters* (HUANG; XUE, 2012;; TOLOSSA et al., 2013; XUE; WEI; LIU, 2012). Em *clusters* ocorrem muitas relações comerciais entre empresas clientes e fornecedoras, sendo esses, portanto, integrados por cadeia(s) logística(s) (SUZIGAN et al., 2003).

As operações dentro de um cluster devem envolver, naturalmente, os fluxos para atendimento da demanda, assim como fluxos reversos (HUANG; XUE, 2012; XUE; WEI; LIU, 2012). A LR pode ser considerada um serviço de valor agregado (*Value-Added Service* - VAS), que influencia junto com a cooperação para a vantagem de *clusters* logísticos (RIVERA; SHEFFI; KNOPPEN, 2016).

Na análise de uma cadeia de suprimentos calçadista, na perspectiva do *Green Supply Chain Management* (GSCM), a LR é considerada uma área promissora. Porém, são verificadas poucas iniciativas nesse sentido, seja por falta de tecnologias disponíveis ou pouca disseminação de oportunidades oferecidas pela LR (SELLITTO et al., 2013).

Dos temas tratados na literatura relacionada a *clusters* calçadistas pode-se citar: atividades de logística reversa realizadas por meio de central de triagem (ANDRIGUETTO; DALLABRIDA; CARNEIRO, 2011) e que há pouca valorização de aspectos ambientais assim como, dificuldade para implantação de LR (BORCHARDT et al., 2010). Entre os principais temas relacionados a resíduos sólidos de calçados de pós-consumo, pode-se destacar: gestão de resíduos do calçado, reuso, reciclagem, recuperação de energia com calçados e, disposição em aterros (FRANCISCO; DIAS; CARVALHO, 2013) e, que fatores como cultura empresarial, custo de transporte e destinação em unidades de tratamento e da LR, influenciam o destino dos resíduos (VIEIRA; BARBOSA, 2012).

A competitividade e desenvolvimento local, são os temas mais pesquisados sobre *clusters* (DI SERIO; FIGUEIREDO, 2007; MASCENA; FIGUEIREDO; BOAVENTURA, 2013). Ao mesmo tempo, como sugestões para futuras pesquisas, Galdámez (2007) sugeriu identificar quais são as práticas de gestão de operações (qualidade, produção e logística) a serem implantadas em clusters industriais para promover a gestão de desempenho.

Tendo como base as considerações apresentadas nesta Seção, assim como a necessidade de investigações que venham reforçar o conhecimento sobre o assunto, busca-se identificar características da LR existentes no referido *cluster*. Para tanto, foram estabelecidas as seguintes questões:

- Quais os tipos de retorno de materiais existentes?
- Quais os tipos de operações de retorno de materiais existentes no *cluster*, considerando desde resíduos de processo a materiais de pós-venda e pós-consumo, o tipo de produto fabricado e as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos?
- Como são as relações na cadeia de suprimentos do *cluster* relacionadas aos retornos de materiais?
- Como se dão as relações entre parceiros comerciais relacionadas aos retornos de materiais?
- Quais as características relacionadas à aglomeração que influenciam a forma de retorno de materiais ou viabilizam estes?
- Como são as características gerenciais relacionadas aos fluxos reversos de materiais no *cluster*?
- Quais são os aspectos gerenciais relacionados ao retorno, em especial com respeito a objetivos e indicadores de desempenho?
- Quais as diferenças entre resultados obtidos nas unidades pesquisadas e em relação à literatura?

1.2 OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO, JUSTIFICATIVA E ETAPAS DA PESQUISA

O objetivo geral desta tese foi avaliar atividades relacionadas à LR no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte - CE. Os objetivos específicos incluíram:

- Identificar as características estruturais da LR no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte;
- Identificar os aspectos gerenciais da LR no *cluster* calçadista da Região de Juazeiro do Norte;
- Comparar diferenças entre resultados das unidades pesquisadas e em relação à literatura;
- Contribuir para a melhoria dos procedimentos de avaliação de LR em *clusters* industriais.

Os seguintes critérios e delimitações foram considerados de acordo com as dimensões espacial e temporal. Como indústria calçadista relacionadas ao estudo foram consideradas empresas fabricantes de calçados do *cluster* industrial localizado na cidade de Juazeiro do Norte, no Estado do Ceará, sendo a amostra constituída de empresas de pequeno porte, legalizadas quanto ao licenciamento ambiental e, que utilizam como matéria prima principal materiais sintéticos (EVA, PVC, SBR entre outras) devido à reciclagem dos materiais.

As informações levantadas dizem respeito às práticas atuais das empresas, o que caracteriza a dimensão temporal no tempo presente. Os levantamentos de informações foram realizados com representantes da administração das empresas incluídas na amostra, assim como também foram obtidas informações de representantes de órgãos públicos relacionados ao meio

ambiente.

Com respeito a justificativa para o estudo, devem ser considerados aspectos relacionados a relevância e contribuição do trabalho.

A LR, como já destacado anteriormente neste trabalho, tem forte relação com a questão da sustentabilidade, o que leva em consideração aspectos sociais, ambientais e econômicos, sendo, portanto, a sua prática importante para o fortalecimento das empresas, assim como para reforçar o desenvolvimento sustentável.

Os *clusters* industriais, também como já abordado, são formas de organização importantes para o fortalecimento de pequenas e médias empresas e, para o desenvolvimento regional. Por outro lado, o setor calçadista tem importância fundamental no que se refere à questão sócio econômica da cidade de Juazeiro do Norte, existindo, no ano de 2013, um total de 232 empresas fabricantes de calçados (CEARÁ, 2013), que contribuem para a produção industrial da região e geração de emprego.

Do ponto de vista científico, o estudo contribui para acrescentar à teoria da LR as considerações sobre atividades de retorno de material em *clusters* industriais. Também, contribui com resultados da aplicação do modelo de gerenciamento da logística reversa proposto por Hernández (2010) e, que utiliza o método combinado ANP/BSC, acrescentando resultados relativos ao objeto de estudo tratado neste trabalho.

Além disso, na oportunidade da utilização de técnicas de tomada de decisão em grupo para a comparação dos resultados obtidos, este trabalho contribui com a avaliação da aplicação de método relacionados à teoria da compatibilidade entre vetores de decisão.

No sentido de garantir o rigor exigido para o trabalho científico a pesquisa foi desenvolvida seguindo um conjunto de etapas, não necessariamente sequenciais e que estão apresentadas na Figura 1, organizada de forma a fazer uma breve apresentação, destacando, portanto, tópicos gerais do trabalho.

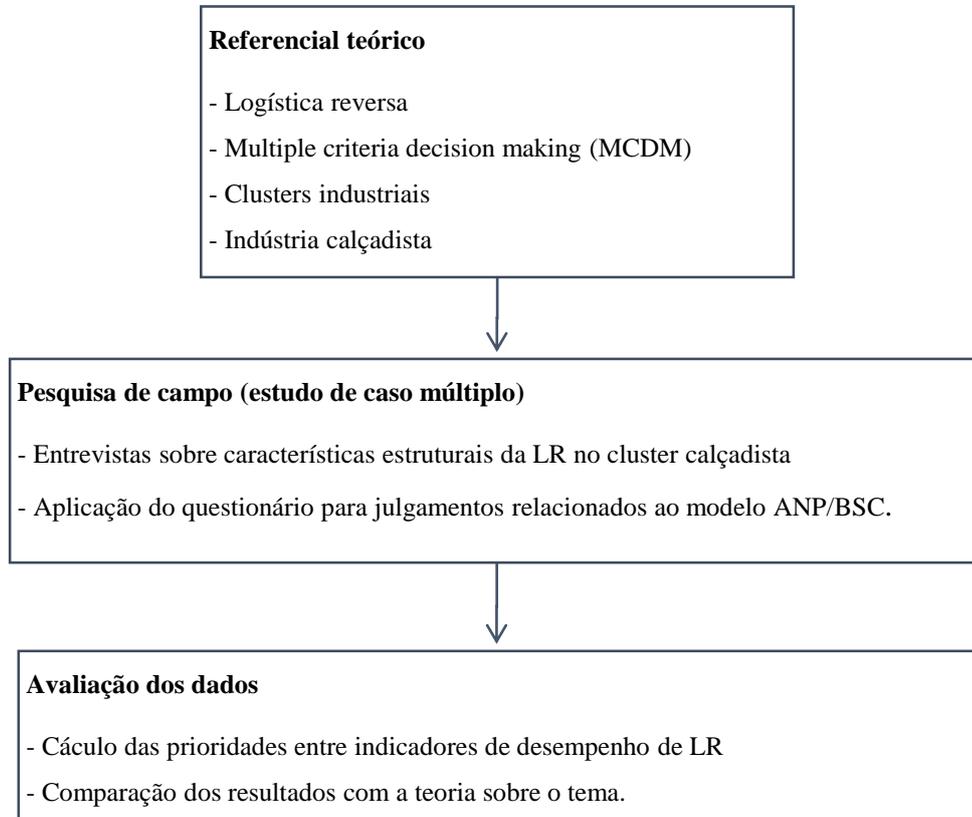
O primeiro bloco da Figura 1, referencial teórico, diz respeito ao estudo bibliográfico, que tem função fundamental em qualquer processo de investigação científica, pois é o que torna possível o conhecimento sobre o tema escolhido a partir dos estudos desenvolvidos sobre este, assim como as lacunas no conhecimento que necessitam de esclarecimento.

Desta forma, para alcançar os objetivos deste trabalho o estudo bibliográfico contemplou características relacionadas a logística reversa, *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), *clusters* industriais e indústria calçadista.

O segundo bloco, pesquisa de campo, diz respeito à etapa de levantamento de dados empíricos, que para este trabalho se desenvolveu por meio de um estudo de caso múltiplo com

indústrias pertencentes ao cluster calçadista localizado na cidade de Juazeiro do Norte - CE.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: Produção do próprio autor

Para atingir os objetivos deste trabalho, realizou-se levantamento para identificar as características estruturais da LR no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte tendo como procedimento para a coleta de informações a entrevista com questões abertas.

Também buscou-se identificar características gerenciais relacionadas à LR, por meio da aplicação do modelo de gerenciamento da LR proposto por Hernández (2010), estruturado com base na combinação ANP/BSC, sendo, nesta etapa, realizados os julgamentos necessários às comparações dos critérios e alternativas do modelo.

O terceiro bloco, avaliação dos dados, diz respeito tanto ao cálculo, com o método ANP/BSC, da ordem de prioridade entre objetivos e entre indicadores de desempenho da LR contemplados, assim como a comparação com a teoria, desses resultados e, das informações relacionadas aos aspectos estruturais da LR no *cluster*.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em mais quatro capítulos. O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, que contempla características relacionadas a LR, *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), *Analytic Network Process* (ANP), *Balanced Scorecard* (BSC) e sustentabilidade. O Capítulo 3 apresenta o método utilizado, considerando a classificação da pesquisa, a forma de abordagem do problema, os instrumentos de coleta e análise de dados entre outras.

O Capítulo 4 apresenta os dados obtidos e sua discussão, que envolve o tratamento e análise desses, assim como a comparação das características encontradas entre as unidades de estudo e em relação à teoria. O Capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para futuros trabalhos. Finalmente são apresentadas as referências bibliográficas, Apêndices e Anexo.

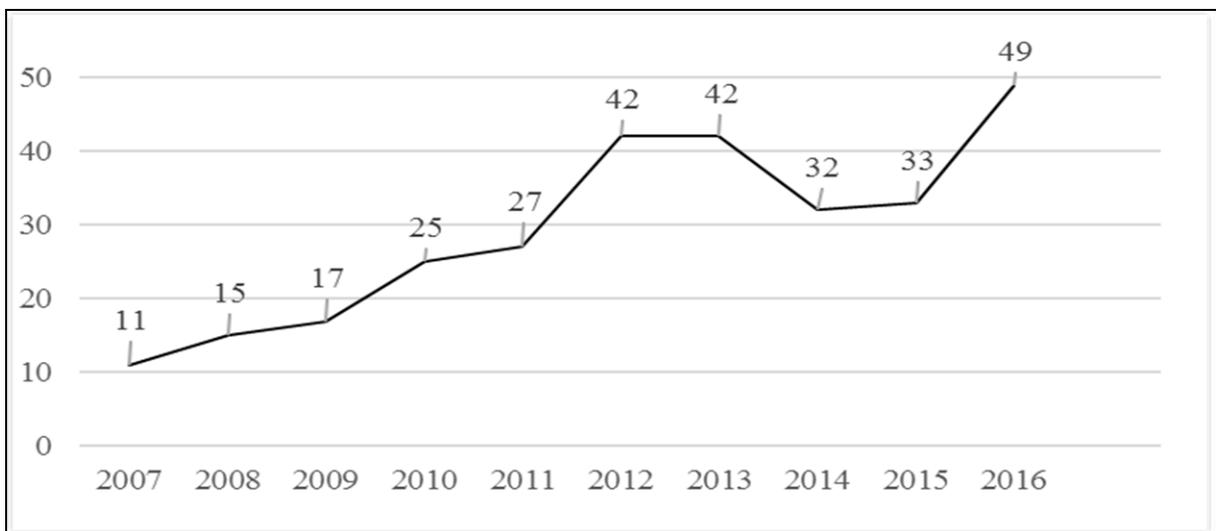
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 LOGÍSTICA REVERSA – LR

Na literatura, os aspectos relacionados à LR encontram-se discutidos, tanto em trabalhos que tratam especificamente do fluxo reverso, como também em estudos que discutem cadeias de suprimento considerando fluxos diretos e reversos (*Closed Loop Supply Chain - CLSC*) (ATASU; GUIDE; VAN WASSENHOVE, 2008; CHOI; LI; XU, 2013), estudos que colocam a questão ecológica em uma perspectiva central (*Green Supply Chain – GSC*), que incluem compras ambientalmente adequadas, *eco-design* e LR (ZHU; SARKIS; LAI, 2008), ou direcionados à sustentabilidade (*Sustainable Supply Chain - SSC*) (GUNASEKARAN; SPALANZANI, 2012; PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007) entre outros.

A Figura 2 apresenta o número de publicações anuais sobre LR identificados na base *Scopus*, relacionados às áreas de gerenciamento e desempenho totalizando 293 artigos publicados de 2007 a 2016.

Figura 2 – Número de artigos sobre gerenciamento e desempenho na LR (2007-2016)



Fonte: Scopus, dezembro de 2016.

As palavras chaves mais frequentes nos artigos (analisando com o *software citespace*), além dos termos gerais como LR, *supply chain*, *CLSC*, são: sustentabilidade, tomada de decisão, otimização, ciclo de vida, entre outras. As principais questões discutidas no período a partir de 2011 são: *closed-loop supply chain*, estratégias, desempenho e sustentabilidade.

Ao longo da década de 1980, a LR foi definida como a circulação de bens a partir de um

consumidor para um produtor num canal de distribuição (FLEISCHMANN et al., 1997; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001), tendo a definição evoluído, com o amadurecimento da discussão sobre o tema, passando por diversas variações baseadas no contexto dessa (reciclagem, remanufatura, logística, operações, meio ambiente) (HALL et al., 2013).

A LR recebeu crescente atenção nos meios acadêmico e empresarial, podendo-se destacar como motivos: aumento da consciência ambiental e da legislação relacionada (FLEISCHMANN et al., 1997), estratégia rentável e sustentável (DOWLATSHAHI, 2000), maior taxa de retorno de produtos devido ao menor ciclo de vida (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001), responsabilidade social corporativa (SARKIS; HELMS; HERVANI, 2010), questões jurídicas (forçada), econômicas ou comerciais (LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011), pressões de *stakeholders* (HUANG; YANG, 2014).

O objetivo do gerenciamento do processo de recuperação de produtos é recuperar o máximo de valor econômico (e ecológico), de produtos usados e descartados, componentes e materiais não adequados ao uso normal, considerando as exigências e/ou necessidades legais e dos consumidores (THIERRY et al. , 1995). Vale destacar que o termo recuperação de produtos utilizado acima (do inglês *product recovery*) pode envolver apenas o retorno de um item para revend, ou pode abranger operações como remanufatura ou reciclagem, exigindo assim operações específicas para cada caso (BRITO; DEKKER, 2002).

Enquanto Stock (1998) define LR como a área da logística que trata do retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição ou reuso de materiais, reparo, remanufatura e reforma de bens retornados e disposição adequada de resíduos, Rogers e Tibben-Lembke (1999) definem como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, material em processo, produtos acabados, e informações relacionadas, do ponto de consumo ao ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou dar disposição adequada. Sendo esta última uma definição de LR muito aceita na literatura (HALL et al., 2013; LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011; SOLEIMANI; GOVINDAN, 2014).

Por outro lado, enquanto Fuller e Allen (1995) abordam os canais reversos relacionando a produtos recicláveis de pós-consumo, Brito e Leite (2005) destacam a importância do fluxo de retorno dos bens de pós-venda (devolvidos devido ao fim da validade, estoques excessivos, problemas de qualidade entre outros). A LR envolve todas as atividades relacionadas com a coleta, reaproveitamento ou eliminação de produtos usados (ILGIN; GUPTA, 2010), podendo incluir processamento de mercadorias devolvidas devido a danos, inventário sazonal, reabastecimento, recuperação, recall, e excesso de estoque (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE,

1999, 2001).

As razões de retorno podem ser classificadas considerando o estágio que o produto se encontra na cadeia de suprimento: retorno na fabricação (excedente de matéria-prima, retornos de controle de qualidade, resíduos de produção); retorno da distribuição (*recalls* de produtos, retornos comerciais (produtos não vendidos ou danificados, entregas erradas), ajuste de estoques, retornos funcionais) e; retorno a partir do cliente/usuário (garantias de reembolso, retorno de garantia, retornos para serviços (reparos e peças de reposição), fim de uso, fim de vida) (BRITO; DEKKER, 2002).

Os fatores que influenciam as quantidades recicladas são: econômico, tecnológico, logístico, legislativo e ecológico (LEITE, 2000). O tamanho, escopo e impacto da logística reversa variam de acordo com a indústria e posição no canal, bem como o tipo de canal de distribuição (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999, 2001). Ainda, a estrutura do canal reverso é influenciada pelas características do produto, características dos recursos (FLEISCHMANN et al., 2000; FRANCAS; MINNER, 2009) e, o porte da empresa (HO et al., 2012). A ação de recuperação indicada depende do estado dos materiais, dos custos associados e a demanda para os produtos resultantes (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012).

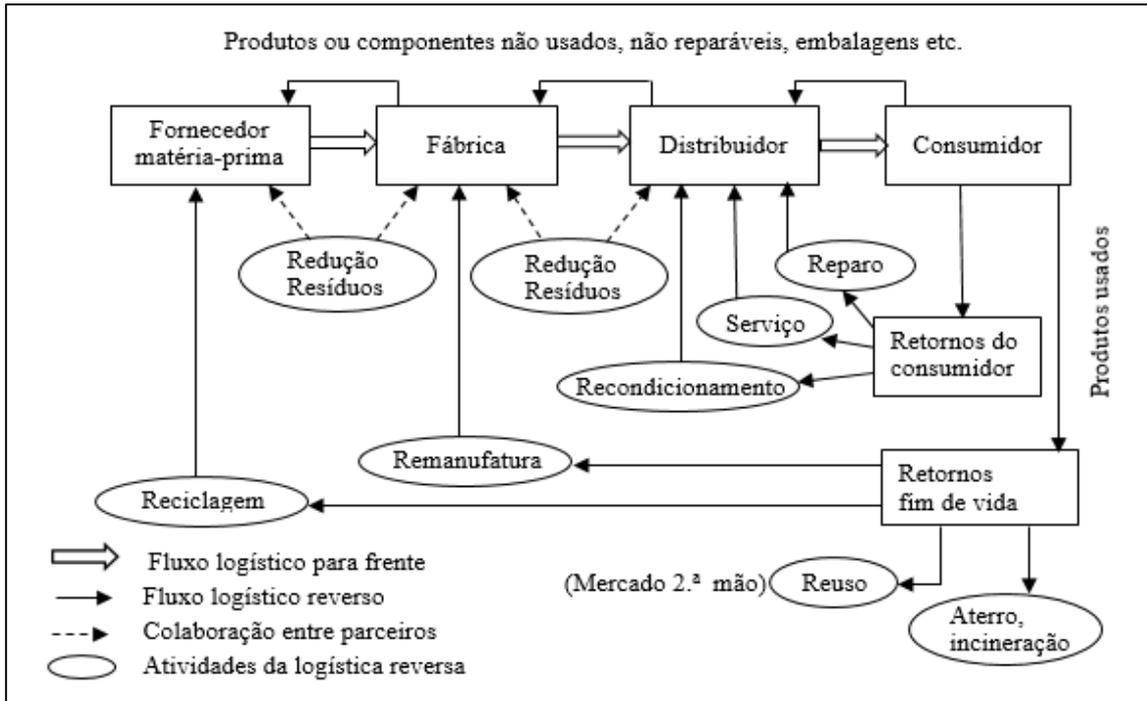
De acordo com Thierry et al. (1995), há as seguintes alternativas para itens que retornam, destacando-se as que se relaciona a Gestão de Recuperação de Produtos já definida: reuso direto (reutilização direta/revenda); recuperação do produto (reparo, remodelagem, remanufatura, reuso de componentes e reciclagem) e; gestão de resíduos (incineração; deposição em aterro).

Os principais motivos de retorno, que estabelecem a diferença fundamental para a destinação final dos produtos, estão relacionados a mercados primário e secundário, conserto, remanufatura, desmanche, reciclagem, aterro sanitário e incineração (HERNÁNDEZ, 2010).

A LR envolve todas as operações de retorno relacionadas com a reutilização de produtos utilizados, excesso de estoque de produtos e materiais, incluindo coleta, desmontagem e transformação de produtos usados, peças, produtos e/ou materiais (RAVI; SHANKAR, 2005).

A Figura 3 apresenta um diagrama de fluxo básico de atividades de logística reversa (SRIVASTAVA, 2008). Deve-se considerar que as atividades que integram o processo completo de LR envolvem também operações de transporte e armazenagem (DOWLATSHAHI, 2000; GENCHEV; RICHEY; GABLER, 2011; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999, 2001).

Figura 3 - Diagrama de fluxo básico de atividades de logística reversa



Fonte: Adaptado de Srivastava (2008).

Para o projeto e utilização bem sucedidos de sistemas de LR, deve-se tratar em conjunto, fatores estratégicos (envolvendo custos estratégicos, qualidade geral, atendimento ao cliente, preocupações ambientais e com a legislação) e fatores operacionais (envolvendo análise de custo-benefício, transporte, armazenagem, gestão de suprimentos, remanufatura, reciclagem e embalagem) (DOWLATSHAHI, 2000).

2.2 ASPECTOS IMPORTANTES NA ANÁLISE DA LR

Como já destacado em seções precedentes neste texto, devido às características envolvidas na LR, técnicas de MCDM são bem empregadas para a sua análise (ILGIN; GUPTA; BATTAÏA, 2015; SHAIK; ABDUL-KADER, 2014).

A análise de desempenho está entre as várias orientações de estudo em LR (GOVINDAN; SOLEIMANI; KANNAN, 2015; ILGIN; GUPTA; BATTAÏA, 2015) e, neste sentido, os direcionadores/motivadores (*drivers, enablers*) tratados neste trabalho como objetivos, são aspectos importantes para esclarecer sobre fatores complexos a considerar, assim como a abordagem a ser adotada (SHAIK; ABDUL-KADER, 2014). Tendo em vista o método de análise utilizado, também aspectos relacionados a indicadores de desempenho, ao BSC e à questão da sustentabilidade são apresentados nesta seção.

2.2.1 Objetivos (Drivers) da LR

Há muitos motivos que levam as empresas a adoção da LR, podendo-se destacar: o aumento da consciência ambiental e legislação mais exigente (FLEISCHMANN et al., 1997; MITRA, 2007; POHLEN; FARRIS, 1992), aspectos legislativos, comerciais e econômicos (FLEISCHMANN et al., 2001), por ser estratégia de negócio lucrativo e sustentável (DOWLATSHAHI, 2000), devido a LR ser parte significativa dos custos da logística (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999, 2001), melhoria do desempenho ambiental (SAVASKAN; BHATTACHARYA; VAN WASSENHOVE, 2004), limites na utilização dos recursos naturais (BRITO; DEKKER, 2002; ILGIN; GUPTA, 2010), satisfação dos clientes permitindo fidelidade e aumento de mercado consumidor (DAUGHERTY; AUTRY; ELLINGER, 2001; HUSCROFT et al., 2013a; LAI; WU; WONG, 2013), como potenciais benefícios que podem advir para as empresas com programas eficazes de LR.

A quantidade de devoluções cada vez maior, leis tornando fabricantes responsáveis pelos seus produtos até o final das suas vidas, aumento de direitos / pressão de consumidores, capacidade de aterro sanitário limitado e caro entre outros fatores, aumentam a importância da LR (MONDRAGON; LALWANI; MONDRAGON, 2011; PRAHINSKI; KOCABASOGLU, 2006). De acordo com Adenso-Diaz et al. (2010), pressões coercitivas por meio de regulamentação ambiental têm sido tradicionalmente o principal fator para que as empresas adotem tecnologias e práticas ambientais.

Os motivadores (drivers) da LR, podem ser de cidadania corporativa, obrigações legais e de motivação econômica (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999; BRITO; DEKKER, 2002). As origens de exigências podem ser agrupadas como sendo na legislação e, nas relações com concorrentes e clientes (HUANG; YANG, 2014), que podem ser, respectivamente, classificadas em coercitivas, miméticas e normativas (YE et al., 2013).

De acordo com Leite (2006), os direcionadores relacionados à logística reversa podem ser agrupados em: econômicos, serviço ao cliente, legal, cidadania corporativa e, imagem corporativa, o que também é considerado por Hernández (2010) relacionando aos objetivos de programas de LR.

Classificando-os como fatores determinantes, Ravi, Shankar e Tiwari (2005) usaram os seguintes critérios para analisar opções em LR para computadores em fim de vida: econômicos, legislação, cidadania corporativa e, questões ambientais e verdes. Jharkharia e Shankar (2007) consideraram compatibilidade, custo, qualidade e reputação para seleção de provedores de LR.

Mutha e Pokharel (2009) usaram responsabilidade social relacionada a questões ambientais como drivers para LR. Kapetanopoulou e Tagaras (2011) agruparam os drivers identificados na literatura em legislação, lucratividade, imagem verde, serviço ao cliente e concorrência para avaliar suas influências sobre as atividades de recuperação de produtos existentes na Grécia. Hsu et al. (2013) em um estudo na Malásia usaram os drivers relacionados a GSC (pressões da concorrência, pressões de clientes, medidas regulatórias e responsabilidade sócio cultural) para avaliar como estes afetam as iniciativas verdes (*Green Purchasing, Design for Environment e Reverse Logistics*) e o desempenho das empresas. Shaik e Abdul-Kader (2014) consideraram fatores econômicos, relacionados a produto e tecnologia, legislação, dos clientes, da indústria e mercado e, cidadania corporativa.

Vale destacar que contrário aos motivadores à aplicação da LR, também existem barreiras que se apresentam como limitadoras a tais atividades. Lai; Wu e Wong (2013) destacaram da literatura que, mesmo havendo benefícios econômicos potenciais da LR, há preocupação tradicional com a logística direta, baixa consciência do nível desses benefícios potenciais e falta de uma abordagem holística para lidar com atividades de LR. Rogers e Tibben-Lembke (2001) citaram como barreiras: importância da LR em relação a outras questões, políticas empresariais, falta de sistemas de informação, questões competitivas e legais, atenção da gerência, recursos humanos e financeiros. Kapetanopoulou e Tagaras (2011) citaram a incompatibilidade da LR com as operações da empresa, o investimento com alta incerteza, e que requer *know-how* e/ou pessoal especializado. Abdulrahman, Gunasekaran, e Subramanian (2014) classificaram as barreiras em fatores internos (gerenciamento, financeiro e infra-estrutura) e externos às empresas (políticas).

2.2.2 Indicadores/métricas de desempenho

Como já ressaltado na Seção 1.1, indicadores/medidas de desempenho são fatores importantes a serem investigados, como também a serem considerados em modelos de análise de LR. As medidas de desempenho podem ser definidas como critérios usados para quantificar a eficiência e/ou eficácia de uma ação (NEELY; GREGORY; PLATTS, 2005). Além disso, Hall et al. (2013) acrescentam que, como ferramenta de medição, para agregar valor e avaliar com precisão o desempenho, as medidas de desempenho devem estar devidamente alinhadas com as metas a serem alcançadas. Assim, indicadores de sustentabilidade informam sobre desempenho relacionado à sustentabilidade, esforços para influenciá-lo ou condições de sustentabilidade (EROL; SENCER; SARI, 2011).

Taticchi et al. (2014) destacaram algumas características na literatura relativas ao desenvolvimento e classificação de medidas: se são qualitativas ou quantitativas, o que medem (exemplo: custo, qualidade, entrega, flexibilidade, utilização de recursos entre outros), o foco (estratégico, tático ou operacional), assim como o processo que é relacionado.

Na literatura há uma certa variedade de princípios adotados na seleção de indicadores ou medidas utilizadas nos modelos de análise. Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013) usaram indicadores propostos pelo *Global Reporting Initiative (GRI) guide* que são classificados de acordo com o TBL, Shaik e Abdul-Kader (2012, 2014) identificaram na literatura *drivers* e medidas de desempenho, Hernández (2010) por meio de pesquisa bibliográfica e de campo com uma amostra de empresas brasileiras identificou os principais indicadores utilizados nas atividades relacionadas a LR.

Ainda pode-se destacar outros trabalhos. Por exemplo: Hervani, Helms e Sarkis (2005) identificaram métricas, entre outros aspectos, sobre a medição do desempenho ambiental na gestão da GSC. Presley, Meade e Sarkis (2007) propuseram uma estrutura para decisão estratégica relacionada a sustentabilidade, com indicadores/métricas nos aspectos econômico, ambiental e social, classificando em níveis estratégico, operacional e tático. Sarkis, Helms e Hervani (2010) discutiram responsabilidade social ao longo do ciclo de vida do produto ou serviço e, indicadores e métricas relacionados a recursos humanos internos, população externa, participação de *stakeholders* e questões macrossociais. Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011) propuseram um modelo conceitual de decisões com medidas de desempenho em níveis estratégico, tático e operacional para os processos genéricos de LR. Olugu, Wong e Shaharoun (2011) identificaram as principais medidas de desempenho com métricas relacionadas à CLSC automotiva.

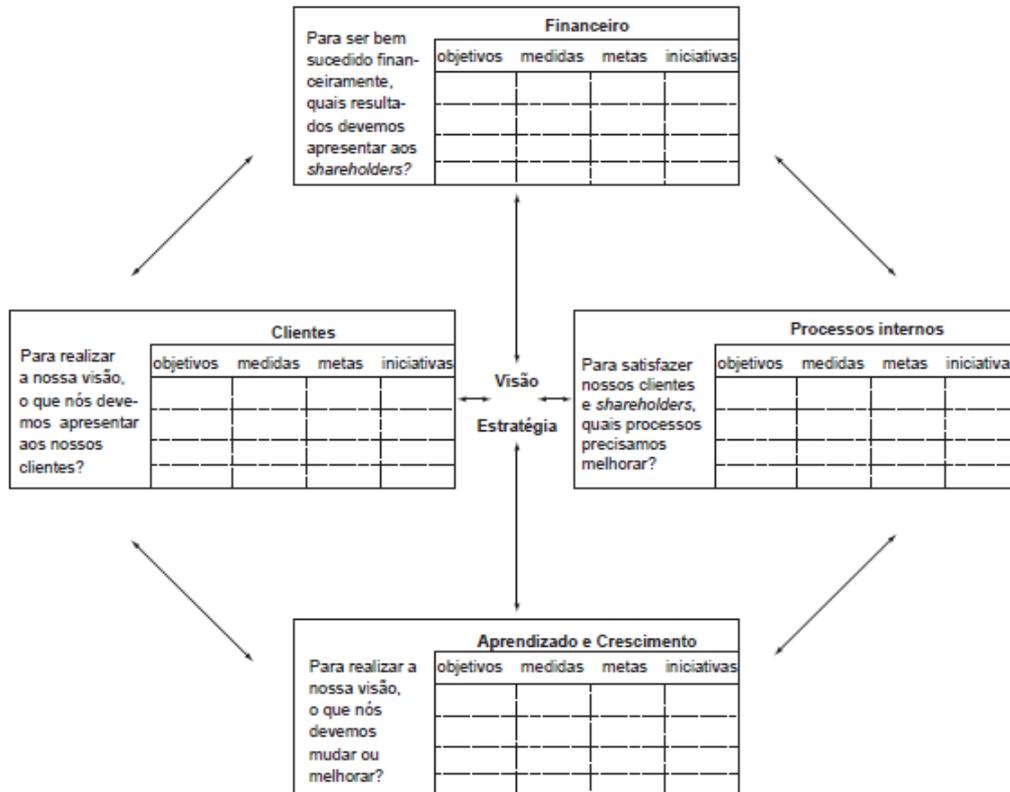
2.2.3 *Balanced Scorecard* – BSC

O *Balanced Scorecard (BSC)*, foi proposto inicialmente como um sistema de medição de desempenho baseado em quatro perspectivas importantes e divergentes: clientes, negócios internos, inovação e aprendizagem e, financeira (KAPLAN; NORTON, 1992). Essas perspectivas são detalhadas por meio de objetivos, metas e indicadores ou medidas de desempenho relacionados que permitem avaliar o desempenho em realizar tais objetivos, assim como as iniciativas destinadas a isso.

O BSC considera para avaliação de desempenho não somente medidas financeiras tradicionais (que considera os resultados de ações previamente tomadas), mas também medidas

operacionais (que determinam futuros desempenhos financeiros) relacionadas à satisfação dos clientes, aos processos internos, e atividades de inovação e melhoria da organização (Kaplan & Norton, 1992). A Figura 4 apresenta esquematicamente o processo de como interpretar visão e estratégia nas quatro perspectivas do BSC.

Figura 4 - Interpretando visão e estratégia segundo o BSC



Fonte: Adaptado de (KAPLAN; NORTON, 1996; PRIETO et al., 2006)

O BSC pode ser utilizado para alinhar processos e sistemas gerenciais chaves às estratégias, passando assim a ser não mais apenas um sistema de avaliação de desempenho, mas funcionando como um sistema de gerenciamento estratégico (KAPLAN; NORTON, 2001). O conceito do BSC, após inúmeras aplicações práticas, foi ampliado e aprofundado, passando a ser entendido como uma ferramenta gerencial para descrever, comunicar e executar estratégias, sendo também útil para facilitar à gerência encontrar um balanceamento adequado entre objetivos de curto e longo prazos.

O Quadro 1 apresenta a abrangência das quatro perspectivas do BSC (KAPLAN; NORTON, 1996, 2001).

Quadro 1 – Abrangência das perspectivas do BSC

<i>Perspectivas</i>	<i>Abrangência</i>
<i>Financeira</i>	<i>Estratégia de crescimento, rentabilidade e risco vista sob a perspectiva do acionista. Descrevem os resultados tangíveis da estratégia em termos financeiros tradicionais tais como: retorno sobre investimento, valor ao acionista, rentabilidade, crescimento da receita e custos unitários mais baixos. A garantia de valor ao acionista envolve duas estratégias: estratégia de produtividade (melhorar a estrutura de custos, aumentar a utilização de ativos) e, estratégia de crescimento das receitas (aumentar o valor ao cliente, expandir as oportunidades de receita).</i>
<i>Cliente</i>	<i>Estratégia de criação de valor e diferenciação a partir da perspectiva do cliente. Define a proposta de valor que a organização pretende usar para gerar vendas e fidelidade de clientes direcionados. Essa proposição de valor constitui o contexto em que os ativos intangíveis criam valor. A proposição de valor ao cliente envolve: atributos do produto/serviço (preço, qualidade, disponibilidade, seleção e funcionalidade), relacionamento (serviço, parceria) e, imagem (marca).</i>
<i>Processos internos</i>	<i>As prioridades estratégicas para os vários processos de negócio, que criam a satisfação dos clientes e dos acionistas. Identifica os poucos processos críticos que criam e fornecem a proposta diferenciada de valor para o cliente. Processos: gestão de operações (produzir e entregar produtos e serviços), gestão de clientes (aumentar o valor ao cliente), inovação (criar novos produtos e serviços) e, regulamentar e social (melhorar comunidades e o ambiente).</i>
<i>Aprendizado e crescimento</i>	<i>As prioridades para criar um clima que apoie a mudança organizacional, inovação e crescimento. Identifica os ativos intangíveis que são mais importantes para a estratégia. Os objetivos nessa perspectiva identificam quais trabalho/tarefas (o capital humano - habilidades, formação, conhecimento), quais sistemas (o capital de informação - sistemas, bases de dados, redes) e que tipo de ambiente/clima (o capital da organização - cultura, liderança, alinhamento, trabalho em equipe) são necessários para apoiar os processos internos criadores de valor. Esses ativos intangíveis devem ser integrados e alinhados com os processos críticos internos.</i>

Fonte: Adaptado Kaplan e Norton (1996, 2001)

Baseados na literatura, Nudurupati et al. (2011), discutiram que informações de desempenho precisam ser integradas, dinâmicas, acessíveis e visíveis para auxiliar na tomada de decisões rápidas e, para promover um estilo de gestão pró-ativo que gere agilidade e capacidade de resposta. Taticchi et al. (2014) destacaram que há necessidade de medir, monitorar e gerir o desempenho em múltiplas dimensões, usando um conjunto equilibrado e dinâmico de medidas, onde "equilibrado" refere-se ao uso de medidas diferentes (financeiras versus não financeiras, quantitativas versus qualitativas, internas versus externas entre outras) permitindo a visão holística de uma organização e, "dinâmico" à necessidade de monitorar constantemente o contexto interno e externo, revisando objetivos e prioridades.

A relação entre a LR e as perspectivas do BSC é um aspecto importante. Shaik e Abdulkader (2012, 2014) utilizaram o BSC modificado com seis perspectivas (Quadro 2),

considerando ser estrutura mais holística, tratando necessidades e requerimentos de todos os *stakeholders*. No entanto essa é uma forma isolada de aplicação do BSC.

Quadro 2 – BSC modificado com seis perspectivas

<i>Perspectivas</i>	<i>Abrangência</i>
<i>Financeira</i>	<i>Busca o sucesso financeiro, ao mesmo tempo em que fornece valor aos investidores e aos acionistas, além de aumentar a rentabilidade e a receita dos negócios, reduzindo custos e despesas.</i>
<i>Stakeholders</i>	<i>Orienta tomadores de decisão e políticas a concentrarem-se na realização dos objetivos, ao mesmo tempo que valorizam os stakeholders, tais como investidores, clientes, empregados, fornecedores, intermediários e governo e reguladores.</i>
<i>Processos (interno e externo)</i>	<i>Concentra na satisfação das demandas e exigências dos stakeholders, ao mesmo tempo em que obtém produtividade e eficiência nos fluxos de trabalho. Considerando incerteza e variabilidade dos retornos dos produtos, os processos ajudam a criar valor aos stakeholders.</i>
<i>Inovação e crescimento</i>	<i>Busca a eficiência operacional da empresa, obtida por meio da melhoria contínua da infraestrutura por meio da inovação e aprendizagem para a realização dos objetivos.</i>
<i>Ambiental</i>	<i>Baseada na consciência ambiental, política pública e legislação. Concentra-se na obtenção de LR ambientalmente correta que atenda à legislação, mantendo a eficiência.</i>
<i>Social</i>	<i>Busca desenvolver a cidadania corporativo e promover a conduta ética. Centra-se em construir uma boa imagem ao cumprir as obrigações e expectativas das comunidades e da sociedade.</i>

Fonte: Adaptado de Shaik; Abdul-Kader, (2012)

O Quadro 3 apresenta os principais aspectos, destacados por Hernández (2010), com base na literatura, relacionando indicadores da LR com as quatro perspectivas do BSC.

Quadro 3 – Relação da LR com as perspectivas do BSC

<i>Perspectivas</i>	<i>Relação com a LR</i>
<i>Financeira</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Retorno sobre investimento e o valor econômico agregado (tradicionais); - Recaptura de valor dos materiais retornados; - Criação de valor aos acionistas; - Acesso a capital; obtenção de recursos financeiros; - Contribui para o aprimoramento das atividades além de trazer benefícios para clientes, fornecedores e acionistas, proporcionando vantagem competitiva e aumento de rentabilidade.
<i>Cliente</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da competitividade, permite a diferenciação por serviços prestados, relacionamento com o consumidor após a compra, preservação ambiental, reputação da empresa, ganho de imagem corporativa; - Indicadores: participação de mercado, retenção de clientes, captação de clientes, satisfação de clientes e lucratividade de clientes.

Quadro 3 – Relação da LR com as perspectivas do BSC

(continuação)

<i>Perspectivas</i>	<i>Relação com a LR</i>
<i>Processos internos</i>	<p>- <i>Processos básicos: Processos de inovação; Processos operacionais; Processos de gerenciamento do cliente e; Processos reguladores & ambientais.</i></p> <p>- <i>A LR está relacionada com estes quatro processos quando se busca ampliar os negócios, aumentar valor observado pelo cliente, excelência operacional e, cidadania.</i></p>
<i>Aprendizado e crescimento</i>	<p>- <i>Capacidade dos funcionários, dos sistemas de informação e motivação.</i></p> <p>- <i>Inovação e gestão das pessoas demonstram a capacidade da empresa de reter talentos humanos, aspecto este fundamental para medir indicadores de desempenho intangíveis (associados com o conhecimento, capital intelectual e humano).</i></p> <p>- <i>Políticas de LR requerem recursos humanos capacitados e treinados para essa atividade, bem como o conhecimento de novas tecnologias; portanto, precisa-se investir de forma estratégica nesta área.</i></p>

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

O BSC tem sido empregado para relacionar desempenho com operações de LR (SHAIK; ABDUL-KADER, 2014); selecionar alternativas para computadores em fim de vida útil (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005); definir métricas para decisões estratégicas sustentáveis (PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007); avaliar estratégia de coleta (SHIUE; LIN, 2012) ou processo de classificação de itens de retorno (HSUEH; LIN, 2015); avaliar responsabilidade social corporativa (NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2013); avaliar desempenho (SHAIK; ABDUL-KADER, 2014); decisões relacionadas à terceirização (AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2016b).

2.2.4 Sustentabilidade e o *Triple Bottom Line* - TBL

Um importante aspecto considerado na construção de modelos de decisão multicritério para análise de LR diz respeito a abordagem da sustentabilidade, sendo este um tema de destaque nas publicações sobre LR, tendo na última década recebido crescente atenção na literatura científica, o que pode ser justificado pelo fato de que as atividades referentes a RL são fortemente relacionadas com todos os aspectos da sustentabilidade (PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007; XAVIER; CORRÊA, 2013).

O conceito de desenvolvimento sustentável, que estabelece princípios relacionados a permitir condições de vida à sociedade atual garantindo as condições à sociedades futuras (WCED, 1987), de acordo com Linton, Klassen e Jayaraman (2007) é vago gerando muitas dúvidas do ponto de vista operacional. Elkington (1997) propôs o *Triple Bottom Line* (TBL), termo que, embora faça referência a linha inferior de demonstrativos financeiros, se refere aos

aspectos ambiental, social e econômico que devem ser geridos de forma integrada, para garantir a sustentabilidade.

O TBL, de acordo com Xavier e Corrêa (2013), conhecido como o tripé da sustentabilidade, sugere que se priorize um ambiente socialmente justo, ecologicamente correto e economicamente viável, em substituição ao foco tradicional em ganhos financeiros e vantagens competitivas. Deve-se destacar a influência das relações de concorrência no mercado, da consciência do consumidor, da legislação mais rigorosa entre outros aspectos, para a importância do TBL na gestão empresarial (ELKINGTON, 1997, 2004). El Korchi e Millet (2011) destacaram que os *macro drivers* para a concepção e implementação de uma cadeia reversa são os mesmos que para o desenvolvimento sustentável e contemplados no TBL.

Embora referência à relação LR e TBL seja comum na literatura, a integração dos três fatores é ainda considerada uma lacuna nos meios acadêmico e prático. Gunasekaran e Spalanzani (2012), considerando o aumento da importância do desenvolvimento sustentável, destacaram que há muitos desafios para as organizações, tanto em países desenvolvidos e em desenvolvimento, cujo o foco tem sido na relação entre a economia e o meio ambiente, sendo raro nas perspectivas sociais e ou comunitárias. A necessidade de uma maior ênfase na dimensão social é discutida por outros autores (BRANDENBURG et al., 2014; HUANG; YANG, 2014; LAI; WU; WONG, 2013; MANI; AGRAWAL; SHARMA, 2015; PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007; SARKIS; HELMS; HERVANI, 2010; SEURING, 2013).

As empresas envolvidas com a LR devem considerar de forma proativa combinar atendimento a legislação, as questões ambientais e de sustentabilidade econômica, além de práticas empresariais socialmente responsáveis (DOWLATSHAHI, 2005). Labuschagne, Brent e Claasen (2005) apresentaram os seguintes critérios de classificação para se considerar o impacto social nas atividades empresariais: recursos humanos internos, populações externas, participação de *stakeholders* e, desempenho macro social.

Taticchi et al. (2014) consideraram a necessidade de integrar sistemas de avaliação de desempenho com ferramentas de apoio à decisão, incorporando o TBL, para gerenciamento sustentável de cadeia de suprimentos, como a necessidade de identificar métricas de TBL relacionadas a setores industriais específicos. Sarkis, Helms e Hervani (2010) consideraram que uma organização responsável socialmente deve considerar critérios e indicadores de sustentabilidade sobre o ciclo de vida de produtos e serviços. Hassini, Surti e Searcy (2012) destacaram, por meio de revisão bibliográfica, métricas de desempenho para cadeias de suprimento sustentáveis utilizadas na literatura.

Segundo Huang e Yang (2014), além de considerar que, com a inovação em sistemas de informação e tecnologia relacionados a RL, pode-se melhorar os desempenhos ambientais e econômicos, que empresas com capacidades mais inovadoras na RL obtêm resultados mais sustentáveis com respeito a proteção ambiental, responsabilidade social e desempenho econômico.

Na literatura há alguns trabalhos considerando TBL para avaliação em LR. Entre os quais, Presley, Meade e Sarkis, (2007) propuseram um modelo para avaliar alternativas de decisão estratégicas sustentáveis para LR, usando BSC/TBL para identificar métricas nos níveis estratégico, tático e operacional, Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013) propuseram a introdução da responsabilidade social corporativa com indicadores propostos pelo *Global Reporting Initiative (GRI) guide* e que são classificados de acordo com o TBL, Liu et al. (2014) propuseram um modelo de sistema de produto-serviço integrados considerando LR, cooperação na cadeia de suprimentos e desenvolvimento de novo produto, tendo como referência o TBL para os critérios de sustentabilidade, Agrawal, Singh e Murtaza (2016a) usaram TBL para avaliação de desempenho de LR, Agrawal, Singh e Murtaza (2016b) estudaram terceirização da LR usando TBL/BSC.

2.2.5 Modelos na análise da LR

De uma forma geral, os modelos utilizados em análise de atividades logísticas podem ser agrupados em conceituais e quantitativos (BRANDENBURG et al., 2014). O modelo conceitual compreende um conjunto de conceitos, com ou sem proposições, usado para representar ou descrever (mas não explicar) um evento, objeto ou processo (MEREDITH, 1993), enquanto modelos quantitativos baseiam-se em um conjunto de variáveis com relações quantitativas e causais entre si (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Em abordagens quantitativas em estudos relacionados à aplicação da LR, têm sido utilizados métodos analíticos ou exatos (programação matemática - programação linear (LP), programação linear inteira, programação linear inteira mista), heurísticas, simulação, MCDM (GOVINDAN; SOLEIMANI; KANNAN, 2015). Os modelos envolvem variáveis de decisão nos níveis estratégico, tático ou operacional, referentes respectivamente a longo, médio e curto prazo, em abordagens principalmente relativas à LR, CLSC, sustentabilidade e, operações verdes.

Hernández (2010) destacou que na literatura as atividades de transporte, localização, minimizando custos e impactos ambientais ou maximizando lucros, são importantes temas de

estudo na aplicação da pesquisa operacional à LR. O projeto e planejamento de redes de LR/CLSC, fabricação e remanufatura, políticas de controle de estoques, tomada de decisão, avaliação de desempenho, seleção de provedor de LR, são importantes áreas de estudo.

A MCDM, segundo a *International Society on Multiple Criteria Decision Making* (2016), trata dos métodos e procedimentos direcionados à tomada de decisão na presença de critérios conflitantes. As técnicas de MCDM auxiliam na análise de ações ou alternativas, onde múltiplos critérios, tangíveis e intangíveis, podem ser considerados (AGUEZZOUL, 2014). Os métodos de MCDM relacionam, muitas vezes, aspectos econômicos, tecnológicos e sociais incomensuráveis (CLÍMACO; CRAVEIRINHA, 2005).

Auxiliando principalmente em termos de escolha, classificação ou ordenação de ações, o campo da MCDM está relacionado a problemas que têm como elementos básicos um conjunto finito ou infinito de ações (alternativas, soluções, cursos de ação entre outras.), pelo menos dois critérios e/ou um tomador de decisão (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005), relacionando julgamentos quanto ao relacionamento de/entre critérios e alternativas e, podendo haver interações, influência/dependência entre os critérios e ou ações (SAATY, 2001).

Os métodos de MCDM podem ser classificados em dois grupos: métodos multiobjetivos (*Goal Programming* (GP), *Data Envelopment Analysis* (DEA)) e multiatributos, tendo como diferença o fato que estes últimos têm um espaço de decisão discreto (TRIANAPHYLLOU et al., 1998) e, entre os quais se destacam *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE), *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH), *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE) (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005).

No que se refere à tomada de decisão e avaliação de desempenho, devido às características peculiares da LR, como já destacado anteriormente neste texto, técnicas de MCDM são adequadas. No Quadro 4 são citados estudos desenvolvidos para tomada de decisão e avaliação de desempenho em RL e, que fazem uso de métodos de MCDM.

Quadro 4 – Tomada de decisão e avaliação de desempenho na LR usando MCDM

<i>Objetivo</i>	<i>Autor</i>	<i>Método</i>
<i>Seleção de provedores de LR</i>	(MEADE; SARKIS, 2002) (KANNAN; POKHAREL; SASI KUMAR, 2009) (AZADI; SAEN, 2011) (GOVINDAN; SARKIS; PALANIAPPAN, 2013)	ANP ISM, Fuzzy, TOPSIS DEA AHP/ANP
<i>Alternativa de LR para computador EOL</i>	(RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005) (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2008)	ANP. Usa BSC ANP/GP

Quadro 4 – Tomada de decisão e avaliação de desempenho na LR usando MCDM

(Continuação)

<i>Objetivo</i>	<i>Autor</i>	<i>Método</i>
Avaliar alternativas com base na sustentabilidade	(PRESLEY; MEADE; SARKIS, 2007)	AHP, MAUT. Usa BSC, TBL, QFD
Modelo de gerenciamento	(HERNÁNDEZ, 2010)	ANP. Usa BSC
Estratégia rede de LR	(SHIUE; LIN, 2012) (BARKER; ZABINSKY, 2011) (HSUEH; LIN, 2015)	ANP. Usa BSC, BOCR AHP ANP. Usa BOCR
Avaliação de desempenho	(OLUGU; WONG, 2012) (SHAIK; ABDUL-KADER, 2012) (SHAIK; ABDUL-KADER, 2014) (LIN et al., 2014)	Lógica <i>Fuzzy</i> AHP. Usa BSC, performance prism DEMATEL. Usa BSC, performance prism ANP, <i>Fuzzy</i> . Usa BSC

Fonte: Produção do próprio autor

2.3 ANALYTIC NETWORK PROCESS - ANP

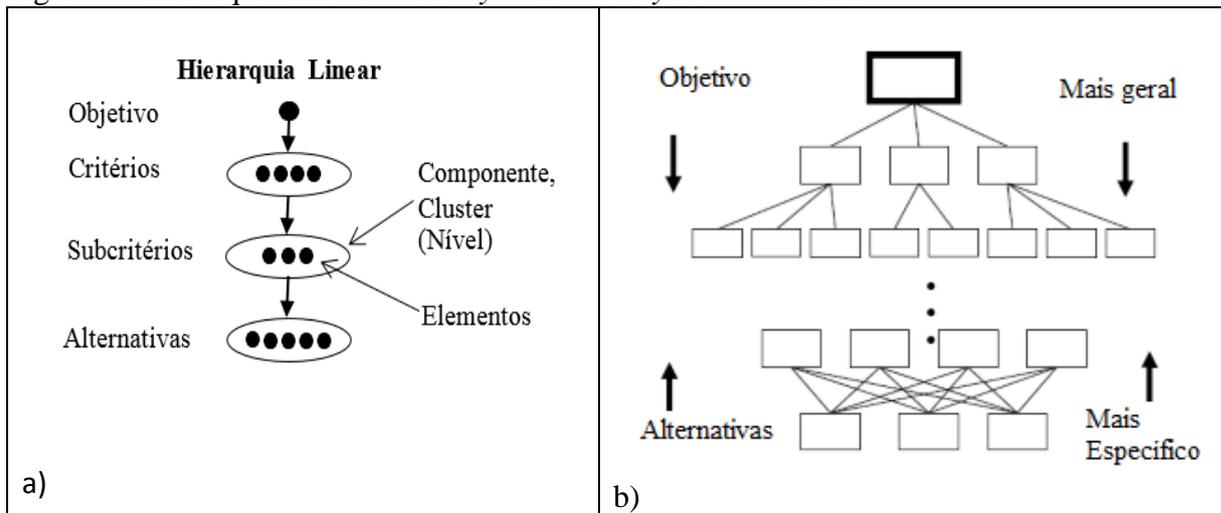
De acordo com Saaty (2001), pode-se analisar influências causais e seus efeitos deduzindo os resultados, ou por meio de uma abordagem linear e fragmentada segundo a lógica dedutiva tradicional (obtendo conclusões separadas precisando ser reunidas coerentemente e, que exige criatividade e experiência), ou por meio de uma abordagem holística com todos os fatores e critérios envolvidos sendo definidos em um sistema hierárquico ou de rede que possa considerar dependências entre esses.

Tendo primeiramente sido desenvolvido o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ainda na década de 1970 (SAATY, 2012), a partir de 1980 os fundamentos do *Analytic Network Process* (ANP) vêm sendo elaborados e divulgados por Thomas L. Saaty (SAATY; VARGAS, 2006). O ANP é uma generalização do AHP, tornando possível analisar problemas com dependência e feedback (SAATY, 2001). O AHP torna-se assim um caso especial do ANP, quando não há tais dependências/influências.

O AHP tem grande variedade de aplicação, sendo um dos métodos mais difundidos e aplicados em tomada de decisão envolvendo complexidade e subjetividade (SHIMIZU, 2010), quando há fatores qualitativos e quantitativos (SUBRAMANIAN; RAMANATHAN, 2012), sendo uma das principais vantagens do AHP/ANP sobre outros métodos a avaliação de fatores intangíveis de forma numérica, utilizando a escala fundamental (SAATY, 2008b).

O AHP é estruturado segundo uma hierarquia linear, como mostra a Figura 5.a (uma hierárquica *top-down* com quatro níveis). A Figura 5.b mostra que os fatores se tornam mais específicos no sentido em que a análise se desloca do objetivo em direção as alternativas.

Figura 5 - Hierarquia Linear do *Analytic Hierarchy Process* – AHP

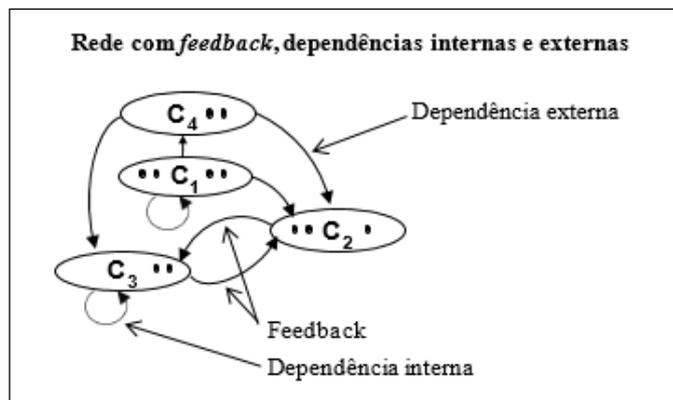


Fonte: Aaptado de Saaty e Peniwati (2008)

Salomon (2010a) destacou duas características importantes do AHP. Primeiro com respeito ao sentido de relação na hierarquia, de cima para baixo, que se relaciona à forma de atribuição de valores, pois os elementos de um nível hierárquico são comparados tomando como base os elementos do nível superior. A segunda, é a consideração de independência entre os elementos em um mesmo nível, assumindo-se que os elementos de um mesmo grupo não se influenciam.

Por outro lado, no ANP não somente a importância dos critérios influenciam a importância das alternativas, mas também, a importância das alternativas pode influenciar a importância dos critérios (SAATY, 2001, 2008a). Para considerar esses aspectos, no ANP é utilizada uma estrutura em rede com ciclos de retorno (*Feedback Network*), como exemplificado na Figura 6. O Feedback permite levar a influência do futuro para o presente para determinar o que fazer para atingir um futuro desejado (SAATY, 2001, 2008a).

Figura 6 - A estrutura em rede do ANP



Fonte: Aaptado de Saaty e Peniwati (2008)

Observa-se na Figura 6 as relações de dependência externa entre os elementos C4-C2, C4-C3, C1-C4 e C1-C2, de dependência interna entre os elementos do *cluster* C1 e do *cluster* C3 e, de *feedback* entre os *cluster* C2 e C3. A utilização do ANP torna possível analisar dependências entre os critérios e influências entre alternativas (HERNÁNDEZ; MARINS; SALOMON, 2011).

O ANP permite análise estratégica sistemática (não-linear) de atributos de decisão, permite inter-relações complexas entre níveis de decisão/componentes, sendo útil para modelar influências sistêmicas nas decisões gerenciais (SARKIS, 1998).

Com respeito a influência, Saaty (2001) ressalta que uma hierarquia envolve a distribuição de uma propriedade (o objetivo) entre os elementos sendo comparados, enquanto uma rede envolve a distribuição da influência de elementos sobre algum elemento com respeito a uma dada propriedade e, há, respectivamente, no dois casos, necessidades de julgamentos diferentes: no primeiro deve-se julgar qual dos elementos influencia ou é mais influenciado, ou representa mais a propriedade em questão e, no segundo deve-se julgar qual dos elementos influencia mais outro elemento com relação a uma propriedade.

Outro conceito importante é a dominância (*dominance*) que significa maior influência com respeito a uma determinada propriedade. Na comparação de dois elementos, a dominância de um sobre o outro é uma forma de dizer que é maior ou mais importante, mais preferido ou mais provável de ocorrer.

A dominância pode ser direta ou indireta. A primeira relaciona-se a quanto os elementos possuem uma propriedade, quando dois elementos são comparados com respeito a uma característica em comum. A segunda tem a ver com a possibilidade de influenciar outros elementos em relação a uma propriedade, quando um grupo de elementos que possuem uma propriedade são comparados com respeito a influenciar com relação a, ou fazer determinado elemento adquirir, essa propriedade.

Alguns autores, além de Thomas L. Saaty, discutem os procedimentos para aplicação do ANP, entre os quais: Meade e Sarkis (2002), Ravi, Shankar e Tiwari (2005), Cheng e Li (2007), Govindan, Sarkis e Palaniappan (2013). A seguir serão comentadas as características gerais sobre os procedimentos para aplicação do método ANP.

Tendo em vista que o ANP é uma evolução do método AHP, também utiliza as análises aplicadas ao AHP para tratar as informações. De acordo com Salomon (2010a), a aplicação do AHP, assim como a maioria dos métodos discretos de MCDM, consiste de três etapas: identificar critérios e alternativas de decisão, atribuir valores de importância e desempenho para os critérios e alternativas respectivamente e, síntese dos resultados. As três principais operações

na aplicação do AHP são: a construção da hierarquia, a análise das prioridades (construção da (s) matriz (es) de comparação aos pares (pairwise comparison matrix), julgamento por pares dos elementos da matriz e cálculo das prioridades) e, verificação da consistência dos julgamentos nas comparações, e, finalmente, concluir com a definição do ranking de prioridades (HO, 2008).

Uma matriz de comparação aos pares relaciona os elementos a serem comparados de forma que os valores atribuídos aos julgamentos realizados são registrados na célula indicada para posteriores avaliações. No método AHP a matriz de decisão $\mathbf{A} = (a_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, é uma matriz de ordem n , onde n é o número de elementos a serem comparados par a par. \mathbf{A} é uma matriz recíproca positiva, ou seja, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ e $a_{ij} > 0$, $\forall i, j = 1, 2 \dots n$ (SAATY, 2001).

Para as comparações entre os elementos da matriz, quando as propriedades ou medidas são intangíveis é necessário deduzir escalas relativas, por meio de comparação por pares (SAATY, 2008b). Saaty (2001), considerando dificuldades relacionadas as características de escalas de atribuição de valores, tais como a possibilidade de classificação de objetos de forma individual, que tendem a ser lineares e homogêneas entre outros aspectos, enquanto o mundo real não é, recomenda que atributos devem ser tratados com escalas relativas.

Neste sentido, deve-se obter medidas por meio de julgamentos feitos de forma numérica, sendo o processo de comparações com relação a uma propriedade comum ou objetivo a única maneira de fazer isso, ou seja, a única maneira para se atribuir medidas relativas é comparando de forma relativa. Para atribuir os valores nas comparações é proposta uma escala fundamental, que é apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 – Escala fundamental de números absolutos

<i>Intensidade de importância</i>	<i>Definição</i>	<i>Explicação</i>
1	<i>Mesma importância</i>	<i>As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo</i>
3	<i>Importância moderada</i>	<i>A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra</i>
5	<i>Forte importância</i>	<i>A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra</i>
7	<i>Importância muito forte</i>	<i>Uma atividade é muito fortemente favorecida, sua dominância é demonstrada na prática</i>
9	<i>Importância absoluta</i>	<i>A evidência favorece com o mais alto grau de certeza uma atividade em relação a outra</i>
2, 4, 6 e 8	<i>Valores intermediários</i>	<i>Quando não há reconhecimento claro entre uma definição ou outra</i>

Quadro 5 – Escala fundamental de números absolutos

(continuação)

<i>Intensidade de importância</i>	<i>Definição</i>	<i>Explicação</i>
<i>1,1 – 1,9</i>	<i>Quando há proximidade entre atividades pode-se adicionar decimais ao valor 1</i>	<i>A comparação pode ser auxiliada usando uma terceira atividade com diferença acentuada e utilizando a escala de 1 a 9</i>
<i>Recíprocos dos valores acima</i>	<i>Se a atividade i tem um dos números não nulos acima atribuídos a ela quando comparado com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparado com i.</i>	<i>Se X é 5 vezes Y, isto é, $X = 5Y$, então, $Y = X/5$ ou $y = (1/5) X$.</i>
<i>Racionais</i>	<i>Razões decorrentes da escala</i>	<i>Se a consistência for forçada para obter n valores numéricos para completar a matriz</i>

Fonte: Adaptado de (SAATY, 2008b)

Fazendo $a_{ij} = w_i/w_j$, a matriz $A = (a_{ij})$ de comparações por pares dos elementos A_1, A_2, \dots, A_n , pode ser escrita de acordo com a Figura 7, onde os valores atribuídos às comparações obedecem a uma escala relativa baseada na comparação dos valores de importância w_1, w_2, \dots, w_n , relativos aos respectivos elementos.

Figura 7 – Matriz de decisão com escala relativa.

$$\begin{array}{c}
 A_1 \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 A_1 & \dots & A_n \\
 \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\
 \vdots & \ddots & \vdots \\
 \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n}
 \end{bmatrix}$$

Fonte: (SAATY, 2008b)

Os valores das prioridades dos elementos da matriz de comparação são obtidos através do cálculo do autovetor direito $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, por meio da equação (1), onde λ é o autovalor máximo. A Figura 8 apresenta a equação na forma matricial.

$$AW = \lambda W \quad (1)$$

Figura 8 – Equação para o cálculo do autovetor direito

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Fonte: Adaptado de (SAATY, 2008b)

A consistência dos julgamentos, coerência segundo Salomon (2010a), é verificada por meio do índice CR (*Consistency Ratio*), calculado por meio da equação (2), onde RI é o índice de consistência aleatória (*Random Consistency Index*).

$$CR = (\lambda - n) / (n - 1) RI \quad (2)$$

A matriz **A** é 100% consistente ($CR = 0$) se $\lambda = n$, o que ocorre quando a relação de transitividade $a_{ij} = a_{ik}/a_{jk}$, ou $a_{ji} = a_{jk}/a_{ik} = a_{ij}^{-1}$, que determina se a matriz é recíproca, é satisfeita (SAATY, 2003).

Embora considerando que 10% seja um limite para a falta de coerência ($CR \leq 0,1$), Saaty (2001) considera que o $CR \leq 0,2$ pode ser tolerável, devendo-se rever os julgamentos se essa condição for ultrapassada. Segundo Saaty (2004a), um pouco de inconsistência indica necessidade de aprender mais (compreender melhor), mas inconsistência elevada indica uma falta de compreensão que pode levar a uma decisão errada.

O AHP é um método com bastante aplicações (como já comentado anteriormente), no entanto, há algumas críticas relacionadas a sua utilização, entre as quais a quantidade de julgamentos necessários. A quantidade de julgamentos necessários em uma matriz de decisão no AHP é igual $n(n - 1)/2$, e em uma hierarquia algumas matrizes precisam ser analisadas podendo-se assim necessitar de uma quantidade alta de avaliações.

No entanto, para Saaty (2004b), pode-se obter matrizes mais coerentes com um menor número de julgamentos, escolhendo-se para comparar as relações mais tendenciosas (com maior viés) e, aplicando a relação de transitividade para completar a matriz. Assim, a quantidade de julgamentos pode ser reduzida, existindo inclusive algoritmos como o *Incomplete Pairwise Comparisons* (IPC) que utiliza $n - 1$ julgamentos, ou o *software Expert Choice* que utiliza $2n - 3$ julgamentos (SALGADO et al., 2011).

Para a aplicação do ANP, que faz uso dos mesmos procedimentos do AHP para gerar as prioridades a serem incluídas em uma supermatriz de decisão, Belderrain, Oliveira e Silva (2010) sugerem que as seguintes etapas devem ser seguidas:

Etapa 1 (Formulação do problema)

- (a) Estruturar o problema (definir o objetivo, identificar os elementos agrupando-os em seus devidos grupos) e,
- (b) Construção da rede com as relações de dependência e feedback entre os elementos, que são melhor visualizadas por meio da:
 - matriz de alcance global para relações entre grupos e,
 - matriz de alcance local para relação entre os elementos.

Etapa 2 (Julgamentos)

- (a) Comparação em pares (utilizando a escala fundamental), entre os elementos e entre grupos,
- (b) Cálculo dos vetores de prioridades e,
- (c) Verificação da consistência.

Etapa 3 (Estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados)

- (a) Construção da supermatriz não ponderada, que relaciona todos os elementos organizados em seus grupos e com os devidos vetores de decisão,
- (b) Determinação da supermatriz ponderada, que é igual a supermatriz não ponderada multiplicada pelas prioridades dos *clusters* e que é uma matriz estocástica,
- (c) Obtenção da supermatriz limite, obtida com a aplicação do método das potências à matriz ponderada e,
- (b) O resultado final com as prioridades que é obtido do matriz limite, cujos valores necessitam ser normalizados.

Tendo em vista a apresentação, no capítulo 3, do modelo a ser utilizado na análise, detalhes do método ANP, como supermatrizes, por conveniência não serão apresentados nesta seção.

2.4 GROUP DECISION MAKING - GDM

Embora a GDM venha sendo discutida anteriormente principalmente no campo da economia política (ARROW, 1963), desde a década de 1980 tem recebido atenção relacionada aos estudos da teoria do AHP, seja com respeito a forma de agregação de julgamentos individuais para compor os julgamentos da matriz de comparação aos pares (ACZÉL; SAATY, 1983; ACZÉL; ALSINA, 1987), para sintetizar resultados na forma de vetores de decisão obtidos individualmente (FORMAN; PENIWATI, 1998), ou no estudo voltado a análise do nível de aproximação entre vetores de decisão (SAATY, 1994a, 1994b).

2.4.1 Procedimentos para agregação de julgamentos ou prioridades individuais

Quando mais que uma pessoa é envolvida para fazer os julgamentos necessários às comparações de pares de elementos (critérios, subcritérios, alternativas entre outras.) em análise, com opiniões individuais independentes entre si, se houver debate e entendimento, pode-se chegar a um consenso, no entanto, algumas dificuldades podem ser encontradas: falta de padronização no processo de julgamento, ou diferentes valores envolvidos de acordo diferentes perspectivas em termos de níveis de importância ou prioridades (ACZÉL; SAATY, 1983). Se o consenso não pode ser alcançado pelo entendimento do grupo, pode ser buscado, ou por meio de um procedimento sistemático ou com auxílio externo que busque o entendimento dos envolvidos (ACZÉL; ALSINA, 1987).

Há duas formas utilizadas para agregar avaliações de diferentes indivíduos, utilizando os julgamentos individuais das comparações realizadas ou utilizando os resultados individuais (vetores de decisão). Os trabalhos desenvolvidos por Aczél e Saaty (1983), Aczél e Alsina (1987), Aczél e Roberts (1989) concluem que o procedimento de cálculo adequado para agregação de julgamentos individuais, considerando a reciprocidade de julgamentos na matriz de decisão entre outras propriedades envolvidas, é a média geométrica.

Quanto a agregação de prioridades individuais, Forman e Peniwat (1998) embora considerando que as médias aritmética ou geométrica podem ser utilizadas por não violarem o princípio do consenso na preferência existente entre os indivíduos, destacam que a média geométrica é mais coerente com o significado de ambos julgamentos e prioridades, devido a escala de razão envolvida. Neste sentido, Saaty (2001) corrobora essa afirmação, ressaltando que a média geométrica deve ser usada para combinar vetores de prioridade.

Desta forma, tanto para agregar julgamentos individuais como para agregar prioridades individuais deve-se utilizar a média geométrica e, desta forma os dois procedimentos são:

- Agregação dos julgamentos individuais, *Aggregating individual judgments* (AIJ), quando os julgamentos de indivíduos, realizados individualmente, são reunidos para compor um julgamento geral, devendo-se, nas matrizes resultantes, serem respeitados os princípios da consistência e da reciprocidade. Aplica-se quando os indivíduos agem de acordo com preferências comuns (valores, objetivos).
- Agregação de prioridades individuais, *Aggregating individual priorities* (AIP), quando vetores de decisão de indivíduos, com perspectivas diferentes em relação a valores e objetivos, são combinados para compor um vetor de prioridade geral.

2.4.2 Análise de compatibilidade

A análise de compatibilidade entre vetores de decisão diz respeito à avaliação do nível de proximidade entre os valores por eles apresentados, sendo dois vetores considerados compatíveis se há bastante proximidade entre os seus valores. Para avaliar a proximidade entre dois vetores, têm sido propostos alguns índices: índices S de Saaty, G de Garuti e V de Salomon.

Primeiro, considerando a necessidade de avaliar o nível de proximidade entre vetores de decisão calculados a partir de valores pertencentes a escalas relativas relacionadas às comparações em pares de um conjunto de elementos, foi proposto o índice S (SAATY, 1994a, 1994b). O índice S foi incluído posteriormente na abordagem relacionada à GDM, como procedimento para avaliar compatibilidade entre vetores de decisão (SAATY, 2001).

Assim, dados dois vetores de decisão $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ e $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, o índice de compatibilidade S é calculado por meio da equação 3.

$$S = \frac{1}{n} e^T W \circ U^T e \quad (3)$$

sendo

$W = (w_{ij})_{n \times n}$ with $w_{ij} = w_i / w_j$, uma matriz recíproca, isto é $w_{ji} = 1/w_{ij}$;

$U = (u_{ij})_{n \times n}$ with $u_{ij} = u_i / u_j$, uma matriz recíproca, isto é $u_{ji} = 1/u_{ij}$;

$e = (e_i)$, com $e_i = 1 \forall i = 1, 2, \dots, n$, uma matriz $n \times 1$;

$W \circ U^T$, o produto *Hadamard* entre a matriz W e a matriz transposta U^T ;

Se $w = u$ então $S = 1$. Para $w \neq u$, eles são considerados compatíveis se $S \leq 1,1$.

O limite 1,1 significa considerar 10% de diferença. No entanto, pela relação apresentada na equação (4), os valores limites para o índice S podem ser obtidos a partir dos limites do índice de consistência para diferentes valores de n , como apresentado na Tabela 1 (SAATY, 1994b).

$$\frac{1}{n} e^T W \circ U^T e = \frac{\lambda_{max}}{n} \quad (4)$$

Tabela 1 – Valores limite para índices de compatibilidade e de consistência

n	S	λ_{max}	CI = $((\lambda_{max} - n) / n - 1)$	RI	CR = CI/RI
3	1,017	3,052	0,026	0,52	0,05
4	1,053	4,214	0,071	0,89	0,08
5	1,089	5,444	0,111	1,11	0,10
6	1,104	6,625	0,125	1,25	0,10
7	1,116	7,810	0,135	1,35	0,10
8	1,123	8,980	0,140	1,40	0,10
9	1,129	10,160	0,145	1,45	0,10
10	1,134	11,341	0,149	1,49	0,10

Fonte: Adaptado de Saaty (1994b)

O índice G proposto por Garuti (2007) é definido a partir do conceito de produto interno para avaliar a proximidade entre os vetores de decisão. Portanto, esse procedimento considera que, quanto mais o ângulo entre os vetores se aproxima do valor zero e G tende para o valor um, existe proximidade entre os mesmos e eles são considerados compatíveis (GARUTI, 2007).

Dados dois vetores de decisão normalizados $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ e $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$, o índice de compatibilidade G é calculado pela equação (5):

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(w_i + u_i)}{2} \frac{\min(w_i; u_i)}{\max(w_i; u_i)} \right] \quad (5)$$

Garuti (2016) estabelece os seguintes limites, compatibilidade muito alta ($G \geq 0,9$), alta compatibilidade, quase totalmente compatível ($0,85 \leq G \leq 0,899$), compatibilidade moderada ($0,75 \leq G \leq 0,849$), baixo nível de compatibilidade ($0,65 \leq G \leq 0,749$), muito pouca compatibilidade ($0,6 \leq G \leq 0,649$) e, totalmente incompatível ($G < 0,6$).

Considerando que o índice S apresenta uma certa sensibilidade, com aumento no valor calculado, quando há comparação entre valores de prioridade maiores com menores, Saaty e Peniwati (2008) consideram a possibilidade de utilização do índice G. Por outro lado, foi

observado também há uma tendência para redução do valor do índice G quando os vetores possuem uma maior quantidade de elementos (GARUTI; SALOMON, 2012).

O índice V proposto por Salomon (2010b), utiliza o mesmo procedimento de cálculo do índice S, porém com os vetores na forma ordinal. Considerando que o problema da sensibilidade citado acima é eliminado com a utilização dos vetores ordinais, o autor sugere que os índices S e V sejam usados em conjunto.

Além disso, Garuti (2016) apresenta um aspecto importante que diz respeito a existência de compatibilidade entre vetores de decisão, porém com uma diferente ordem de prioridade entre os elementos dos vetores. Essa é uma questão que merece atenção, tendo em vista que a ordem de prioridade entre os elementos é um fator importante na tomada de decisão, podendo-se, portanto, considerar a necessidade de se avaliar, além das diferenças nos valores das prioridades dos elementos, a ordem de prioridade apresentada nos vetores.

2.5 INDÚSTRIA CALÇADISTA

Devido ao seu volume de produção, expressiva participação na pauta de exportações e capacidade de geração de empregos, a indústria calçadista brasileira é um importante setor da economia do País (GODINHO FILHO, FERNANDES E LIMA, 2009).

A interação entre processos na indústria calçadista está relacionada ao tipo de material utilizado: injetados, sintéticos, couro e/ou têxtil. O processo de produção de calçados é geralmente dividido entre modelagem, corte, costura, montagem e acabamento. Na produção de calçados injetados (principalmente de PVC) é exigida menos mão de obra pois o produto sai praticamente pronto da máquina (GUIDOLIN, COSTA e ROCHA, 2010).

As empresas calçadistas brasileiras de pequeno porte, em sua maioria estão localizadas em sete principais polos, distribuídos em 3 macrorregiões (Sul, Sudeste e Nordeste): Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Paraíba e Ceará, onde se localizam importantes *clusters* calçadistas (VIEIRA; BARBOSA, 2012).

A indústria calçadista brasileira compreendia 7,7 mil estabelecimentos, empregando 283,1 mil trabalhadores no ano de 2015. Comparando os principais estados produtores de calçados no Brasil, como mostra a Tabela 2, em 2015, o Estado do Rio Grande do Sul possuía 33,6% do pessoal ocupado e 35,1% dos estabelecimentos, enquanto, respectivamente, o Estado do Ceará possuía 19,4% e 3,9% e, o Estado de São Paulo 15% e 31%, o Estado de Minas Gerais 10,1% e 15,8%, Bahia 8,7% e 1,4%, Santa Catarina 2,4% e 3,6%, outros 10,8% e 9,2% (Abicalçados, 2016).

Tabela 2 – Percentual de pessoal ocupado e de empresas de calçados por estado brasileiro

Estado	Pessoal ocupado (%)	Empresas calçadistas (%)
Rio Grande do Sul	33,6	35,1
Ceará	19,4	3,9
São Paulo	15	31
Minas Gerais	10,1	15,8
Bahia	8,7	1,4
Santa Catarina	2,4	3,6
Outros	10,8	9,2

Fonte: Adaptado de Abicalçados (2016)

Considerando os critérios de classificação do Sebrae (SEBRAE, 2016), pode-se avaliar as quantidades em termos de micro, pequenas, média e grandes empresas calçadistas brasileiras (Tabela 3). De acordo com a Tabela 3 no setor calçadista brasileiro há um grande número de microempresas (79%) que empregam 11,5% da mão de obra, enquanto as grandes empresas que correspondem a 1% do total empregam 41,9% da mão de obra.

Tabela 3 – Composição do setor calçadista nacional por porte das empresas

Porte da empresa (nº de funcionários)	Nacional (Abicalçados, 2016)	
	% Pessoal	% Empresas
Micro (até 19)	11,5	79,8
Pequena (20 – 99)	22,4	15,7
Média (100 – 499)	24,2	3,6
Grande (500 ou mais)	41,9	1,0

Fonte: Adaptado de Abicalçados (2016)

De acordo com IPECE (CEARÁ, 2012), no ano de 2010 o Estado do Ceará ocupava a quinta colocação entre os estados brasileiros em número de empresas e a segunda em número de empregos (Tabela 4). Na Tabela 4 são apresentadas apenas as cinco primeiras posições na classificação apresentada em Ceará (2012). Os Valores percentuais da tabela são em relação ao total nacional. Como se verifica, o Ceará em 2010 possuía 351 empresas calçadistas gerando 63.562 empregos diretos. A coluna do lado direito da Tabela 4 apresenta a taxa média de empregos direto por número de empresas calçadistas destacando o Ceará com uma média de 181 empregos por empresa instalada, sendo essa uma característica nos estados nordestinos (CEARÁ, 2012).

Tabela 4 – Cinco principais Estados brasileiros por número de empresas calçadistas (2010)

Estados	Empresas		Empregos		Empregos/empresa
	Quantidade	%	Quantidade	%	
Rio Grande do Sul	3.827	36,97	118.397	33,95	31
São Paulo	3.087	29,82	56.311	16,15	18
Minas Gerais	1.757	16,97	30.960	8,88	18
Santa Catarina	371	3,58	8.155	2,34	22
Ceará	351	3,39	63.562	18,23	181

Fonte: Adaptado de Ceará (2012)

Na avaliação realizada por Rocha e Viana (2006), dos determinantes de competitividade do setor calçadista nos maiores polos nordestinos, fatores estruturais, como articulação na cadeia produtiva e acesso a mercados e, fatores sistêmicos, como infraestrutura, são apontados entre os temas recorrentes para alavancar a competitividade.

Um aspecto importante da indústria de calçados é que a administração da maioria das empresas é familiar, uma característica da indústria coureiro-calçadista mundial, com exceções geralmente entre as grandes empresas (Andrade e Corrêa, 2010). Em empresas de administração familiar a propriedade e as decisões são controladas pelos membros de um grupo de afinidade afetiva (FREITAS E BARTH, 2011).

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este trabalho tem por objetivo avaliar características relacionadas à LR no *cluster* industrial calçadist, localizado na cidade de Juazeiro do Norte, de forma a identificar aspectos gerenciais relacionados a atividades de retorno de materiais envolvidas em redes logísticas existentes no *cluster* e, relacionadas a operações produtivas das indústrias de calçados.

Considerando a possibilidade de acesso uma vez que houve a colaboração da Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), a pesquisa foi realizada na cidade de Juazeiro do Norte.

Tendo em vista a quantidade de indústrias que integram o *cluster*, 232 empresas fabricantes de calçados (CEARÁ, 2013), considerou-se para o estudo apenas uma amostra de empresas. Desta forma, foram selecionadas (de forma intencional) empresas que fabricam calçados a partir de materiais sintéticos, tamanho (micro, pequena ou de médio porte), com licenciamento ambiental e, considerando-se a possibilidade de acesso para levantamento de informações.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas científicas podem ser classificadas de acordo com algumas perspectivas, que estão relacionadas com os próprios objetivos a serem alcançados e, conseqüentemente os métodos a serem empregados. Neste sentido há critérios de classificação relacionados a método de abordagem, natureza do estudo, objetivos, forma de abordagem e método de estudo.

Um primeiro aspecto a ser observado refere-se ao método de abordagem da pesquisa, que pode ser indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético (MARCONI; LAKATOS, 2003). Turrioni e Mello (2012) consideram apenas as abordagens indutiva e dedutiva como sendo as mais importantes na área da engenharia de produção e, que são complementares entre si.

A abordagem indutiva parte de dados particulares, suficientemente constatados, para inferir verdades gerais ou universais, enquanto a dedutiva gera enunciados analíticos a partir de postulados e teoremas para se chegar a uma conclusão particular, destinando-se a demonstrar e justificar (SALOMON, 2004).

Enquanto no método indutivo, que tem o propósito de ampliar o alcance dos conhecimentos, o grau de certeza pode variar segundo as premissas em que se baseia, no método dedutivo que tem o propósito de explicar, é admitida uma conclusão verdadeira a partir da

confirmação ou negação das premissas em relação a observação particular (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Quanto a natureza as pesquisas podem ser puras (teóricas ou básicas) ou aplicadas. A pesquisa pura busca o desenvolvimento da ciência por meio da descoberta de leis e teorias, enquanto a pesquisa aplicada busca aplicar o conhecimento científico a problemas específicos, podendo também haver uma combinação das duas (teórico aplicada) (GIL, 2008; SALOMON, 2004; TURRIONI; MELLO, 2012). Tendo em vista a relevância necessária ao problema de pesquisa, em especial quanto aos benefícios relacionados a sociedade, Salomon (2004) considera que a aplicabilidade é um aspecto necessário à ciência.

Em relação aos seus objetivos as pesquisas podem ser classificadas como exploratórias (buscam maior conhecimento do problema com vistas a torná-lo claro ou a construir hipóteses), descritivas (buscam descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis), explicativas (visam identificar os fatores envolvidos na ocorrência dos fenômenos, explicar a razão, o porquê) ou normativas (visam o desenvolvimento de políticas, estratégias e ações voltadas para melhor utilização da literatura, definição de problemas entre outros.) (TURRIONI; MELLO, 2012).

O processo de pesquisa para a geração de conhecimento envolve um ciclo contínuo e repetitivo com três fases: descrição, explicação e teste (por meio da predição), nas quais as pesquisas individuais se incluem (MEREDITH et al., 1989). Meredith (1998), propôs o ciclo como construção da teoria, seguida de testes e depois modificação da teoria.

Quanto a forma de abordagem do problema, as pesquisas podem ser classificadas segundo a técnica utilizada: quantitativas, qualitativas ou de métodos mistos (que empregam estratégias de investigação envolvendo coleta de dados simultânea ou sequencial, assim como informações quantitativas e qualitativas) (CRESWELL, 2007).

A avaliação qualitativa envolve a descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos ao passo que nas avaliações quantitativas predominam mensurações (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

As técnicas quantitativas envolvem teste de teoria e coleta de dados para apoiar ou refutar as hipóteses (CRESWELL, 2007), sendo os métodos de pesquisa mais apropriados na área de engenharia de produção: pesquisa de avaliação (*survey*), modelagem/simulação, experimento e quase-experimento (MARTINS, 2010).

As técnicas qualitativas buscam identificar o significado de um fenômeno a partir do ponto de vista dos participantes, o que envolve a observação *in loco* (CRESWELL, 2007). As técnicas qualitativas mais apropriados na área de engenharia de produção são o estudo de

caso(estudo de um ou poucos objetos buscando o amplo e detalhado conhecimento) e a pesquisa-ação (orientada a uma ação ou resolução de um problema) (MARTINS, 2010; TURRIONI; MELLO, 2012).

Meredith et al. (1989), destacando na literatura duas dimensões como base filosófica para a atividade de pesquisa, apresentaram uma classificação dos diversos métodos de investigação utilizados em gestão de operações.

A primeira, é a dimensão racional/existencial relacionada à natureza da verdade. Quando racionalista (em conformidade com a abordagem dedutiva) usa-se estruturas formais e lógica pura e, quando existencialista (em conformidade com a abordagem indutiva) é vinculada à experiência na interação do indivíduo com o ambiente.

A segunda, é a dimensão natural/artificial e diz respeito à fonte e o tipo de informação utilizada na pesquisa. No sentido natural está o empirismo derivando explicação de dados concretos e objetivos, enquanto no sentido artificial está o subjetivismo derivando explicação da interpretação e construção de modelos da realidade.

Uma vez que as mudanças entre os dois extremos de cada dimensão ocorrem de forma gradual, os métodos de pesquisa são considerados para contextos específicos. No extremo racional – artificial há grande uso de modelagem matemática para tratar questões de raciocínio/lógica/teoremas, modelagem normativa ou descritiva. No extremo oposto tendendo para o existencial (em uma perspectiva interpretativa) – natural, estudos de caso e pesquisa ação são relacionados com a observação direta da realidade do objeto (MEREDITH et al., 1989).

Considerando a natureza cíclica e repetitiva do processo científico, Handfield e Melnyk (1998) relacionaram o propósito da pesquisa a ser realizada com: tipo questão a ser investigada, método de pesquisa, técnicas de coleta e procedimentos de análise de dados.

Os propósitos considerados são: descobrir áreas necessitando estudo, descrição, mapeamento/identificação de variáveis, relacionamento entre variáveis, validação teórica, extensão/refinamento teórico.

Embora Handfield e Melnyk (1998) considerem o método de estudo de caso adequado para os quatro primeiros propósitos, além de estudos de caso descritivo e exploratório, há estudos de caso explicativos ou causais (YIN, 2015), o método pode ser usado para descrever, explicar ou rejeitar uma hipótese (MEREDITH et al., 1989).

Diante destas considerações, a pesquisa realizada para atingir os objetivos propostos neste trabalho, pode ser classificada como teórica, seguindo um método indutivo, exploratória, com abordagem qualitativa e, utilizando o método de estudo de caso.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa direcionada a compreensão da dinâmica atual de um ambiente determinado, podendo envolver casos únicos ou múltiplos e, vários níveis de análise (EISENHARDT, 1989). Envolve a análise de um ou um pequeno número de entidades ou situações sociais, sendo os dados coletados de múltiplas fontes e, para desenvolver uma descrição holística por meio de um processo de pesquisa iterativo (EASTON, 2010).

O estudo de caso busca investigar um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes (YIN, 2015). Além disso, não há exigência de controle sobre eventos comportamentais, sendo o estudo de caso indicado quando a pesquisa envolve questões do tipo como? por que? Pode ser usado para diferentes finalidades, tais como desenvolver ideias e questões de pesquisa, construção de teoria, testes teóricos e extensão ou refinamento teórico (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Neste sentido, Meredith (1998) e Voss; Tsikriktsis e Frohlich (2002) destacam como pontos fortes da abordagem do estudo de caso: que o fenômeno pode ser estudado em seu ambiente natural e, uma teoria significativa gerada a partir da compreensão adquirida através da observação prática; permite a questão “por que”, a ser respondida com a compreensão da natureza e complexidade do fenômeno e; se presta a investigações iniciais, exploratórias, onde variáveis ainda são desconhecidas e o fenômeno ainda pouco compreendido.

Para o projeto de um estudo de caso, Yin (2015) destaca como componentes principais: questões principais (sendo as questões “como, por que?” indicadas para o estudo de caso) e proposições (que devem ser dirigidas ao que deve ser examinado dentro do escopo do estudo), unidades de análise, vinculação dos dados às proposições e critérios para interpretação dos dados.

Quanto à unidade de análise, o estudo de caso pode consistir da análise de um único caso como pode-se adotar a estratégia de casos múltiplos (TURRIONI; MELLO, 2012), podendo ser relacionado a um indivíduo ou grupo, comunidade ou localidade (YIN, 2015). Múltiplos casos podem reduzir o nível de aprofundamento quando há restrição de recursos, mas podem aumentar a validade externa, proteger contra a influência da opinião do observador e, permitir maior generalização dos resultados (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Diferente dos estudos explicativos ou preditivos, para o desenvolvimento de novas teorias a amostragem probabilística e tratamento estatístico não são necessariamente utilizados. Os casos podem ser escolhidos para replicar casos anteriores ou ampliar uma teoria emergente,

podem ser escolhidos para preencher categorias teóricas, como por exemplo tipos polares, o que é classificado como amostragem teórica (EISENHARDT, 1989). Assim, cada caso que é incluído no estudo pode apresentar resultados semelhantes aos já encontrados (uma replicação literal), ou resultados contrários/diferentes, mas por razões previsíveis (uma replicação teórica) (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Uma vez que o objetivo da pesquisa é desenvolver a teoria, não testá-la, a combinação de amostragem teórica com múltiplos casos é adequada (EISENHARDT; GRAEBNER, 2007). A amostragem teórica significa simplesmente que os casos são selecionados por serem adequados para esclarecimento e extensão de relações e lógica entre constructos. Por outro lado, resultados com situações extremas ou tipos polares podem ser conseguidos com a utilização de poucos casos (MEREDITH, 1998).

Para Eisenhardt (1989) para o qual em desenvolvimento de teoria deve-se utilizar de quatro a dez casos, o que é questionado por Easton (2010) por ser uma ideia baseada apenas na experiência em aumentar o número de casos para confirmar os resultados obtidos. Meredith (1998) verificou na literatura que amostra contendo de dois a nove casos. Para Yin (2015), tendo em vista a possibilidade de replicação e a credibilidade em relação ao estudo, de acordo com as dificuldades, deve-se utilizar pelo menos dois casos.

Os dois últimos componentes principais do projeto dizem respeito a fase de análise. Embora para a vinculação dos dados às proposições sejam consideradas a possibilidade de usar técnicas como construção de explicação, análise de séries temporais e modelos lógicos (YIN, 2015), a combinação de padrão e síntese de casos cruzados são as mais recomendadas para o estudo de caso realizado neste trabalho.

Quanto aos critérios para interpretação dos dados, diz respeito a padrões assumidos como níveis de significância quando há tratamento estatístico, ou outros padrões que se façam necessários (YIN, 2015).

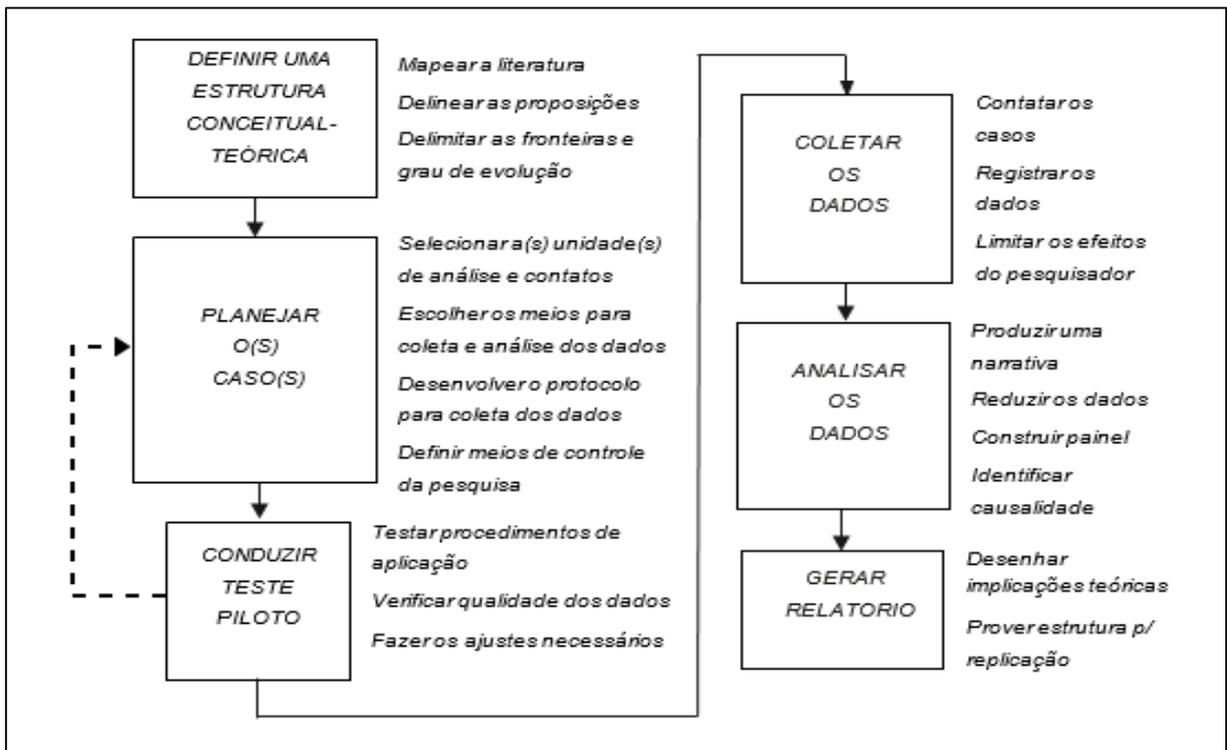
Em avaliações qualitativas pode-se utilizar identificação de padrões e explicações rivais, que estão fortemente relacionadas as análises individuais e comparativas na vinculação dos dados às proposições. Uma tática neste sentido, é selecionar categorias ou dimensões da literatura ou problema de pesquisa e, em seguida, procurar semelhanças em relação a essas na análise dos casos, associadas a diferenças entre casos distintos (EISENHARDT, 1989).

Para Martins e Theóphilo (2009), no estudo de caso, por haver características particulares em cada situação, não se desenvolveu um conjunto fixo de etapas, uma sistematização de projeto de pesquisa.

Devendo-se, portanto, compor “uma sequência lógica de procedimentos a partir das questões orientadoras iniciais, passando pela coleta de dados, análise, validação, até se chegar às conclusões e possíveis inferências (MARTINS; THEÓPHILO, 2009).

No entanto, Miguel (2007, 2010) propõe o esquema de conteúdo e sequência apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Esquema de conteúdo e sequência para o estudo de caso



Fonte: Adaptado de MIGUEL (2007)

A vinculação da teoria emergente à literatura existente aumenta a validade interna, a possibilidade de generalização e o nível teórico. Como os resultados frequentemente se baseiam em um número muito limitado de casos, embora relacionar resultados à literatura seja importante na maioria das pesquisas, isso é crucial na pesquisa de construção de teoria, pois qualquer comprovação adicional de validade interna ou generalização é uma importante melhoria (EISENHARDT, 1989).

No estudo de caso os resultados e evidências devem ser associados à teoria existente, não ao contrário (MIGUEL, 2010), além disso não deve ser desprezada a necessidade de confiabilidade e validade, no que diz respeito à qualidade da pesquisa.

O Quadro 6 apresenta os critérios para se avaliar qualidade de projetos, propostos por Yin (2015) que também sugere táticas a serem utilizadas, relacionadas a cada critério.

Quadro 6 – Critérios para avaliar qualidade de projetos de estudo de caso

<i>Teste</i>	<i>Descrição</i>	<i>Tática do estudo de caso</i>	<i>Fase da pesquisa para aplicação da tática</i>
<i>Validade do constructo</i>	<i>Estabelecimento de medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • utilizar múltiplas fontes de evidências; • estabelecer encadeamento de evidências; • submeter o rascunho do relatório de estudo de caso a revisão por informantes-chave. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coleta de dados; • Coleta de dados; • Composição.
<i>Validade interna</i>	<i>Estabelecimento de uma relação causal, por meio da qual são mostradas certas condições que levem a outras condições, como diferenciada de relações espúrias. Importante apenas para estudos explanatórios ou causais.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • realizar combinação de padrão; • realizar a construção da explicação; • abordar explicações rivais; • usar modelos lógicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados; • Análise de dados; • Análise de dados; • Análise de dados.
<i>Validade externa</i>	<i>Estabelecimento do domínio nos quais as descobertas de um estudo podem ser generalizadas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • usar a teoria nos estudos de caso único; • utilizar a lógica de replicação em estudos de casos múltiplos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de pesquisa; • Projeto de pesquisa.
<i>Confiabilidade</i>	<i>Forma de demonstrar que as operações de um estudo, como os procedimentos de coleta de dados, podem ser repetidas, apresentando os mesmos resultados.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • utilizar o protocolo do estudo de caso; • desenvolver uma base de dados do estudo de caso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coleta de dados; • Coleta de dados

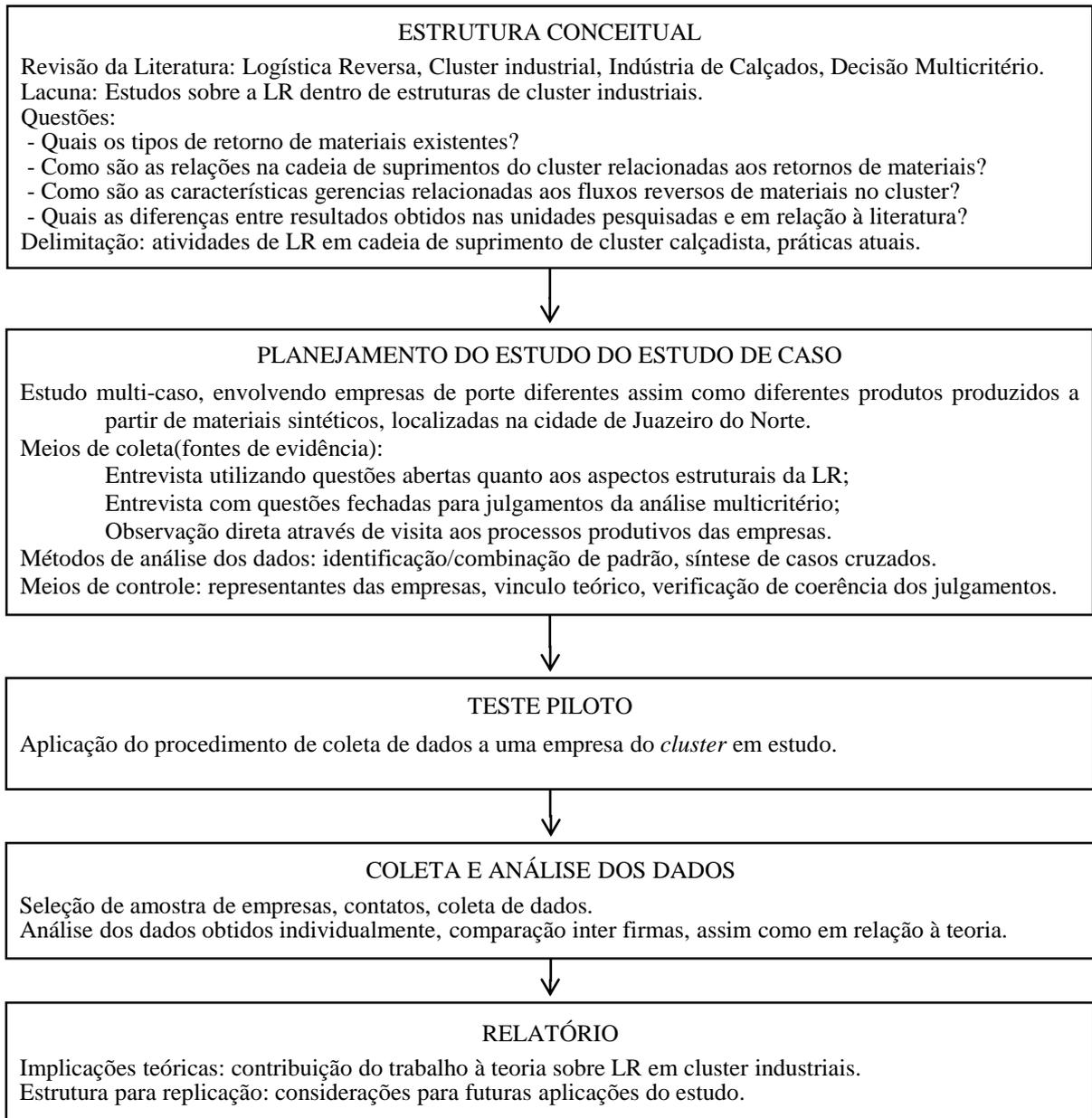
Fonte: adaptado de Yin (2015).

Em relação à coleta de dados, Yin (2015) destacou como as principais fontes de evidências: documentação, registros de arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Também dados quantitativos podem reforçar informações ou evitar aceitar algo falso e, a técnica de triangulação pode fornecer uma evidência mais forte de constructos e hipóteses (EISENHARDT, 1989).

Considerando os procedimentos envolvidos na utilização do método de estudo de caso, a seguir são apresentadas as características da pesquisa realizada, contemplando as etapas que são recomendadas que sejam cumpridas, técnicas, critérios entre outras.

A Figura 10 apresenta as características do método de estudo de caso aplicado neste trabalho, baseado no esquema de conteúdo e sequência proposto por Miguel (2007),

Figura 10 – Esquema do método de estudo de caso aplicado à pesquisa



Fonte: Produção do próprio autor

Para o embasamento teórico, foram consultadas principalmente as bases *Scopus* e *Web of Science*, tendo em vista que essas apresentam uma maior quantidade de artigos disponíveis, incluindo o material de outras bases como *Emerald* e *Science Direct* entre outras, o que é confirmado por Oliveira et al. (2017).

A pesquisa bibliográfica, em relação à logística reversa, cluster industrial e indústria de calçados, permitiu identificar que a LR nas operações produtivas em *clusters* industriais é um assunto carente de discussão. Diante disso, a questão principal deste trabalho é: como são as

características relacionadas à LR em um *cluster* industrial levando-se em consideração as suas especificidades, no que se refere a sua estrutura e aspectos gerenciais?

As seguintes questões secundárias foram propostas: Quais os tipos de retorno de materiais existentes? Como são as relações na cadeia de suprimentos do *cluster* relacionadas aos retornos de materiais? Como são as características gerenciais relacionadas aos fluxos reversos de materiais no *cluster*? Quais as diferenças entre resultados obtidos nas unidades pesquisadas e em relação à literatura? O estudo foi delimitado a atividades de LR em cadeia de suprimento de cluster calçadista, práticas atuais e, na cidade de Juazeiro do Norte - CE.

Foi realizado um estudo de caso múltiplo, cujo protocolo de pesquisa encontra-se no Apêndice A, envolvendo empresas de porte diferentes assim como diferenças nos produtos produzidos, que usam materiais sintéticos como matéria prima e, localizadas na cidade de Juazeiro do Norte.

Com respeito ao procedimento adotado para levantamento de informações, foram escolhidas a entrevista e a observação direta nas instalações industriais. Para tanto foram elaborados roteiros de entrevista com questões abertas tanto para o levantamento de informações junto aos órgãos ambientais como junto às empresas para o levantamento de informações a respeito da estrutura da LR, pois é recomendado a entrevista não estruturada no estudo de caso (YIN, 2015), o que permite uma maior possibilidade de obter novas informações. No Apêndice B encontram-se os roteiros de entrevista utilizados.

Em relação a avaliação das características gerenciais, foi considerado importante avaliar o nível de prioridade entre indicadores de desempenho estratégico, tendo em vista que são relacionados aos objetivos da administração, o que se tornou viável com a utilização do modelo baseado em análise multicritério que aplica o método ANP e os princípios do BSC proposto por Hernández (2010), que tem como objetivo contribuir para o desempenho empresarial sustentável analisando aspectos econômicos, sociais e ambientais relacionados a práticas da LR que possam ser medidas e avaliadas (HERNÁNDEZ, 2010).

A aplicação do ANP envolve julgamentos das comparações entre fatores incluídos no modelo em relação a determinados atributos e, para tanto, é recomendado que sejam realizadas por pessoal com conhecimento adequado (SAATY, 2001). Neste sentido, os representantes da gerência de materiais/processo realizaram os julgamentos, respondendo ao questionário com questões fechadas apresentado no Apêndice C.

Para a análise dos dados foram verificadas existências de padrões, convergências ou divergências através de cruzamento dos dados. Como meios de controle, foi definido que os levantamentos de dados fossem realizados com representantes da administração das empresas,

com vínculo teórico para garantir um padrão de interpretação das questões utilizando o material do Anexo A e, verificação de coerência dos julgamentos necessário no método ANP.

No ano de 2014 foi feita uma aplicação do modelo de análise multicritério em uma empresa do *cluster* calçadista em estudo (GUIMARÃES; SALOMON, 2014, 2015a), assim como das questões para levantamento de informações sobre a estrutura da LR no *cluster*, o que permitiu fazer algumas considerações para melhorar questões e direcionar para a realidade da indústria em foco. A estrutura do modelo de análise multicritério considera a existência de programas de LR, o que não se verificava no caso da empresa em estudo.

Tendo em vista que a amostra de empresas utilizada na pesquisa realizada por Hernández (2010) contemplou uma certa variedade de ramos e posição na cadeia logística, não contemplando o ramo de fabricação de calçados, além de envolver empresas com boa infraestrutura de LR, buscou-se identificar possíveis itens a serem alterados, de forma a direcionar mais para uma aplicação no *cluster* calçadista em avaliação. Apenas foi adaptado o termo programas para objetivos de LR, uma vez que não havia programas formais de LR.

Tendo-se a necessidade de obter dados quanto ao aspecto ambiental relacionado a PNRS, também foram levantadas informações junto a representantes dos órgãos relacionados ao meio ambiente, Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE) e Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), o que ocorreu antes dos levantamentos junto às empresas e, que foi importante para antecipar alguns aspectos relacionados à implantação da PNRS e ao impacto ambiental causado pelo setor calçadista na região de Cariri cearense.

Para a seleção dos casos, inicialmente, com a colaboração da AMAJU, foram feitas visitas a nove empresas, definidas pela conveniência levando em consideração a possibilidade de acesso, tendo-se apresentado nesse primeiro contato a necessidade do estudo assim como seus objetivos. A realização das entrevistas para levantamento de dados só ocorreu em três empresas. No entanto, além dessas a observação direta também ocorreu em mais duas, das quais também foram obtidas informações sobre aspectos de retorno e reciclagem de material.

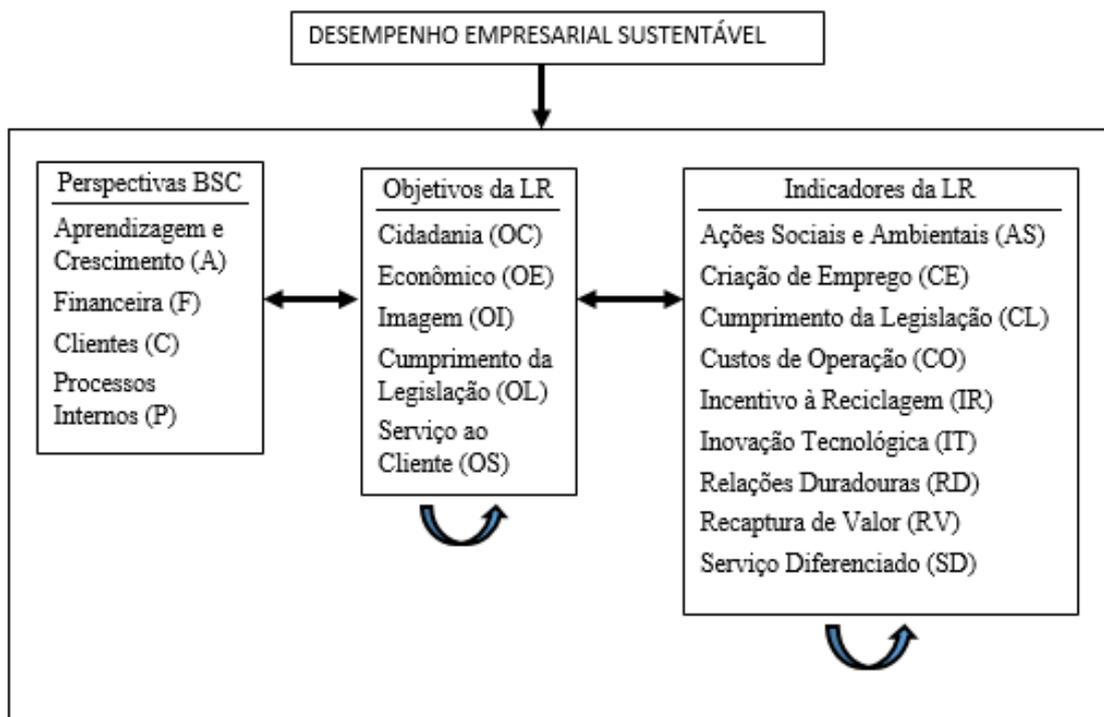
Deve-se destacar que as três empresas nas quais as entrevistas foram efetuadas possuem características diferentes, quanto ao tamanho, tipo de produto, estrutura administrativa e, conseqüentemente o tipo de relação na cadeia produtiva. Esses são aspectos também considerados por Burgeois e Eisenhardt (1988) para diferenciar empresas em estudo de caso sobre estratégia produtiva.

Para realizar a avaliação da importância entre indicadores de desempenho foi utilizado o modelo de gerenciamento de logística reversa proposto por Hernández (2010). O objetivo no

modelo é alcançar o desempenho empresarial sustentável o qual implica em analisar aspectos econômicos, sociais e ambientais, mediante práticas de LR que possam ser medidas e avaliadas.

A Figura 11 apresenta a hierarquia do modelo, que consiste de quatro níveis: o objetivo da análise (desempenho empresarial sustentável), o grupo das perspectivas do BSC, o grupo dos objetivos/motivadores da LR e, o grupo dos indicadores de desempenho relacionados a LR, além de indicar as relações de *feedback* (setas com dupla sentido) e inter-relações entre elementos de um grupo (setas curvas).

Figura 11 - Modelo hierárquico de gerenciamento da LR



Fonte: Adaptado de Hernández (2010).

De acordo com as considerações feitas para a aplicação do modelo no *cluster* em estudo, a hierarquia contém algumas modificações em relação ao modelo original (como já comentado). O nível dos programas de LR foi alterado para objetivos/motivadores e, considerando a possibilidade de avaliar as prioridades entre os objetivos, os valores de prioridade que constam na hierarquia original foram retirados.

O modelo considera dependência entre os grupos das perspectivas do BSC e dos objetivos e dos grupos dos objetivos e dos indicadores (relação de Feedback) mostradas na matriz de alcance global da Tabela 5. Há dependência interna, no grupo dos objetivos e no

grupo dos indicadores. Na Tabela 6, a matriz de alcance local do modelo apresenta as relações consideradas na matriz de alcance global, com os elementos envolvidos nas relações.

Tabela 5 - Matriz de alcance global

	Perspectivas BSC	Objetivos da LR	Indicadores da LR
Perspectivas BSC	0	1	0
Objetivos da LR	1	1	1
Indicadores da LR	0	1	1

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Tabela 6 - Matriz de alcance local

		BSC				Objetivos					Indicadores LR								
		A	C	F	P	OC	OE	OI	OL	OS	AS	CE	CL	CO	IR	IT	RD	RV	SD
BSC	A	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Objetivos	OC	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	OE	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	OI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	OL	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	OS	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicadores LR	AS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
	CE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
	CL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	CO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
	IR	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	IT	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	RD	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	RV	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
	SD	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

As subdivisões na Tabela 6 dizem respeito aos níveis de análise que serão comentados a seguir.

Para cada conjunto de elementos da coluna na relação entre dois grupos de fatores na matriz de alcance local deve-se calcular o vetor de prioridades. No Apêndice C encontra-se o material utilizado nas entrevistas para realização das comparações em pares de elementos, contendo todas as matrizes de comparação aos pares necessárias.

Embora a supermatriz de alcance local tenha sido elaborada para representar todas as inter-relações envolvidas no modelo, utiliza-se neste trabalho o procedimento de cálculo

aplicado por Hernández (2010), que consiste de dois níveis de análise, o primeiro avaliando as importâncias dos objetivos e, o segundo avaliando a importância dos indicadores, cujas matrizes de alcance global e local são apresentadas nas Tabelas 7, 8, 9, 10.

- Primeiro nível da análise

Tabela 7 – Matriz de alcance global do primeiro nível da análise

	Objetivos da LR	Perspectivas do BSC
Objetivos da LR	1	1
Perspectivas do BSC	1	0

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Tabela 8 – Matriz de alcance local do primeiro nível da análise

	OC	OE	OI	OL	OS	A	C	F	P
OC	1	0	0	0	0	1	1	1	0
OE	0	1	1	1	1	1	1	1	1
OI	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OL	0	0	0	1	0	0	0	0	1
OS	0	0	1	0	1	0	1	0	0
A	1	1	1	1	1	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0
F	1	1	1	1	1	0	0	0	0
P	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Nessa etapa, os valores de prioridade das perspectivas do BSC são considerados iguais e, portanto, na relação perspectivas do BSC - Objetivos da LR (parte inferior esquerda da matriz de alcance local) usa-se valor 0,25 em todas inter-relações. Os demais valores são calculados a partir dos julgamentos realizados na pesquisa, utilizando as matrizes do questionário apresentado no Apêndice C.

- Segundo nível da análise

Tabela 9 – Matriz de alcance global do segundo nível da análise

Cluster	Indicadores da LR	Objetivos da LR
Indicadores da LR	1	1
Objetivos da LR	1	0

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Tabela 10 – Matriz de alcance local do segundo nível da análise

	AS	CE	CL	CO	IR	IT	RD	RV	SD	OC	OE	OI	OL	OS
AS	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
CE	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
CL	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
CO	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
IR	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
IT	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
RD	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
RV	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
SD	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
OC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
OE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
OI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
OL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
OS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Nessa etapa, os valores de prioridade dos objetivos da LR, determinados na primeira etapa, devem ser introduzidos na relação Objetivos da LR – Indicadores de LR (parte inferior esquerda da matriz de alcance local). Os demais valores são calculados a partir dos julgamentos realizados na pesquisa, utilizando as matrizes do questionário apresentado no Apêndice C.

Como a análise relacionada à aplicação do modelo multicritério foi dividida em duas partes, denominadas níveis de análise, assim também está dividido o material para levantamento das informações para a análise multicritério (Apêndice C), sendo no primeiro nível avaliada a relação entre o BSC e os objetivos/motivadores da LR e no segundo nível entre os objetivos/motivadores e os indicadores de desempenho da LR.

Para uma referência de conteúdo/conceitos para auxiliar nos julgamentos, utilizou-se as informações contidas no Quadro 3, que encontra-se incluído junto ao material do Anexo A e, cuja discussão detalhada encontra-se em Hernández (2010).

Nos julgamentos nas comparações em pares de elementos do modelo no ANP, uma questão básica a ser respondida é quanto um elemento influencia mais que o outro um terceiro elemento em relação a determinado critério (SAATY, 2001). Neste estudo, pode-se perguntar como um indicador pode exercer influência em medidas de desempenho relacionada a outro.

Na aplicação do método, com o auxílio de planilha do *Microsoft Excel*, foram calculados os índices de consistência no local e, uma vez que $CR > 0,1$, os respondentes avaliaram suas respostas considerando o princípio da transitividade necessário na matriz de comparação.

Uma vez que, nessa análise, os grupos de fatores são considerados com mesmo nível de

importância, a supermatriz não ponderada deve ser utilizada para calcular a supermatriz limite, não necessitando o cálculo da supermatriz ponderada. Para realizar os cálculos relacionados ao ANP foi utilizado o software livre *Superdecisions* versão 2.8.0 (<https://www.superdecisions.com/>).

Para realizar as comparações entre os resultados obtidos nas diferentes unidades de estudo, com aplicação do modelo multicritério, utilizou-se os procedimentos relacionados a agregação de julgamentos por meio da média geométrica AIP, assim como a análise de compatibilidade entre vetores de decisão.

Tendo em vista a discussão apresentada na seção 2.4.2, com respeito a diferenças na eficiência dos índices de compatibilidade na avaliação do nível de aproximação entre dois vetores de decisão e, pela necessidade de utilizar um procedimento para auxiliar na avaliação das diferenças entre os resultados da pesquisa, foi realizada uma comparação dos índices de análise de compatibilidade. Os índices: S proposto por Saaty (1994a, 1994b), G proposto por Garuti (2007), ambos para análise de vetores na forma cardinal, e V proposto por Salomon (2010b), para análise de vetores na forma ordinal, foram avaliados.

Para tanto, foram comparados vetores que apresentam uma razão constante na diferença entre os níveis de prioridade de dois elementos consecutivos, permitindo assim obter o mesmo nível de variação para mudanças nos vetores na forma ordinal ou cardinal e tanto nos elementos de maior prioridade como nos de menor prioridade, como também foram feitas avaliações com dados relacionados ao desenvolvimento da pesquisa (GUIMARÃES; SALOMON, 2014, 2015a, 2015b, 2016).

O índice S, na análise de variações nos vetores com diferenças constantes nos valores de prioridade, apresentou maior sensibilidade para mudanças nos últimos níveis dos vetores, enquanto o índice V apresentou comportamento de forma contrária, acusando maiores valores quando a ordem de importância dos elementos de maior prioridade é alterada.

Na comparação de vetores nas aplicações do modelo de análise multicritério relacionadas a esta pesquisa, o índice S apresentou maiores valores (devido às variações analisadas nas prioridades) que o índice V (na avaliação de mudanças na ordem de prioridade dos elementos), uma vez que as alterações na ordem de prioridades não afetaram os primeiros elementos.

O índice G, como foi verificado, tem um comportamento indiferente ao nível de alteração, se nos elementos de maior ou menor prioridade. No entanto apresenta maior faixa de variação.

Embora as avaliações realizadas permitam compreender um pouco sobre as características dos métodos, os valores resultantes de um estudo real não se limitam a tais

padrões de variação. Para quantificar as diferenças entre os vetores de prioridade do estudo, foram usados os três índices de compatibilidade propostos.

Finalizando este capítulo sobre o método de pesquisa e, tendo em vista a apresentação dos resultados no próximo capítulo, é importante apresentar as características da amostra:

- Localização das empresas: Juazeiro do Norte, Estado do Ceará.
- Porte das empresas: micro, pequena e médio porte.
- Tipo de produto: sandálias micro porosas; sandálias de PVC; sandálias (EVA, SBR e PVC) e placas de EVA e SBR.
- As empresas com seus licenciamentos ambientais normalizados.
- Representantes: Direção, gerência da produção e gerência materiais.
- Nível de instrução: cursando nível superior e superior completo.
- Experiência dos representantes nas atividades calçadistas: de três a quatorze anos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A LR NO CLUSTER CALÇADISTA DE JUAZEIRO DO NORTE – CE

Um primeiro aspecto a ser tratado, com base nos objetivos deste trabalho e com os resultados da pesquisa, diz respeito às características estruturais da LR no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte - CE. Para tanto, além de informações específicas das empresas, também buscou-se identificar o contexto em que se encontra o objeto de estudo, tendo-se para tanto obtido informações junto aos órgãos de gestão ambiental e de agentes envolvidos com tratamento de resíduos.

A seguir, primeiro são apresentados os aspectos relacionados à questão ambiental, sendo em seguida tratados os aspectos relativos à estrutura da LR nas atividades produtivas do *cluster*, tendo-se como referência três unidades industriais de pequeno porte, produtoras de calçados, tendo como principais matérias primas material sintético (EVA, PVC, SBR entre outros).

De acordo com os esclarecimentos obtidos, na visita à SEMACE, tendo-se em vista a implantação da PNRS, o cumprimento do plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS), é uma exigência que tem impacto no funcionamento das empresas e, tem aplicação geral.

A responsabilidade do controle sobre o produto e seus resíduos durante todo o ciclo de vida do produto só é exigido para alguns tipos de materiais, não sendo exigido para o setor calçadista. No entanto, o princípio da prevenção considerado na PNRS (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada) é um aspecto exigido das empresas.

O PGRS pode ser elaborado de forma coletiva entre empresas que mantenham relações de negócios, devendo este considerar todas as necessidades de tratamento de resíduos do conjunto de empresas envolvidas no plano, exigindo movimentação e controle destes, que devem ser encaminhados para reaproveitamento ou destino final adequado.

Considerando o volume de resíduos gerados, a indústria calçadista é um dos setores que merece atenção relacionada ao impacto ambiental, sendo os resíduos: ou destinados a incineração (aparas de EVA geralmente em cores, resíduos e embalagens de materiais químicos, cola, solvente), ou reciclados (a maior parte dos resíduos de matérias primas) no próprio processo, havendo também empresas instaladas que operam com reciclagem desses materiais.

Quanto a estrutura da LR, questão investigada junto às empresas, um primeiro aspecto a ser considerado é a relação comercial no *cluster*, sendo uma forma utilizada para destino dos

resíduos o retorno ao fornecedor da matéria prima, que recebe as sobras ou resíduos dos materiais enviados aos clientes.

Com respeito ao retorno de material a partir do mercado, há a possibilidade por algum problema de qualidade que venha a ser verificado. Devido às características do produto e seus materiais constituintes não há outras formas de reaproveitamento verificadas em outros setores industriais além da reciclagem.

O retorno de materiais pós-venda ou pós consumo é realizada por meio de fornecedores de matérias primas que têm como função adquirir produtos não vendidos/obsoletos ou resíduos de pós consumo, classificar, e processar para serem fornecidos na forma adequada à utilização no processo produtivo.

Considerando que no *cluster* há várias empresas que utilizam o mesmo material, há uma certa demanda localizada, estando isso relacionado às vantagens advindas das aglomerações produtivas, considerando ainda que a terceirização de atividades de LR é uma estratégia muito discutida como alternativa eficiente para o processo de retorno. Vale destacar que embora as empresas afirmem que não sejam utilizados, os produtos após o consumo também podem ser reciclados.

Unido a isso, o PGRS coletivo, que permite um certo nível de serviço ao cliente, nas relações entre parceiros da cadeia de suprimentos, por meio do recebimento/coleta dos resíduos, pode-se verificar retornos de materiais em alguns níveis da cadeia produtiva.

As características dos produtos e seus materiais têm influência direta nas características da LR, além de que há aspectos relacionados a cadeias produtivas de *clusters* que determinam certos procedimentos de retorno como destacado acima.

A LR no *cluster* é simplificada em relação às operações possíveis em uma cadeia reversa como é discutido na literatura. Outro aspecto importante é o custo envolvido, pois a proximidade entre empresas diminui as distâncias percorridas, assim como a necessidade de espaço físico para atividades de LR, pessoal e equipamentos entre outros aspectos.

É importante destacar que, nas empresas consideradas neste estudo, há diferenças observadas no que se refere aos produtos produzidos, o porte/volume de produção, assim como na organização administrativa que pode ser caracterizada como existindo desde estruturas organizacionais familiares a estruturas mais complexas e formalizadas envolvendo departamento especializados para as funções exigidas.

Essas especificidades da LR relacionadas às características do setor industrial corroboram com a literatura (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012; ROGERS; MELAMED; LEMBKE, 2012).

4.2 CARACTERÍSTICAS GERENCIAIS DA LR

A primeira etapa da aplicação do modelo de decisão multicritério diz respeito à análise do nível de importância dos objetivos estratégico, o que envolve nove matrizes de decisão e 26 julgamentos. Os dados foram obtidos em entrevistas individuais com um representante de cada uma das três empresas participantes do estudo.

Para tanto, foi utilizado o questionário apresentado no Apêndice C para que fossem avaliadas as relações entre fatores incluídos no modelo, de forma a determinar o nível de prioridade entre objetivos relacionados à LR. Cada tabela corresponde a uma classificação de prioridades necessária a análise por meio do método ANP, que avalia as inter-relações em diversos níveis e com os diversos critérios.

Houve uma adaptação no modelo, já citada na seção 3.2, relacionada ao tratamento do grupo de programas como grupo de objetivos relacionados à LR, uma vez que programas neste sentido não seriam identificados nas empresas. É importante destacar que esse modelo de decisão multicritério foi proposto e validado em pesquisa realizada com uma amostra representativa da indústria brasileira. Embora nesse estudo realizado para a elaboração e validação do modelo não tenha sido incluído o setor calçadista, como tratou com uma diversificada amostra de setores empresariais, os resultados obtidos são considerados nesta análise como referência a características da indústria nacional.

Durante as entrevistas, mesmo sendo utilizado material com a base teórica para auxiliar nas comparações (Anexo A), houve uma certa dificuldade para realizar os julgamentos devido ao grau de complexidade envolvido na análise. Portanto, quando necessário, houve apresentação dos dados relacionados à pesquisa realizada por Hernández (2010) como exemplo de julgamento, considerando que eram oriundos de estudo com uma amostra de empresas, com diversos ramos de atividade, porte, características de produto e conseqüentemente canais de LR, como também não contemplava a indústria de calçados. Assim, o julgador deveria avaliar se aquele julgamento condizia com a sua realidade.

A Tabela 11 apresenta os vetores obtidos para os objetivos em cada unidade de estudo, assim como o vetor resultante, normalizado, calculado através da média geométrica segundo o método AIP (descrito na seção 2.4.1). Os vetores para cada unidade de estudo foram obtidos a partir dos julgamentos realizados individualmente em cada uma e, utilizando o ANP que foi aplicado com o auxílio do software livre *Superdecisions* versão 2.8.0

A Tabela 12 apresenta, utilizando os procedimentos apresentados na seção 2.4.2, as avaliações do nível de compatibilidade em relação aos valores apresentados na Tabela 11, entre

os vetores de prioridade individuais das unidades de estudo (comparados dois a dois) e, entre esses e a média geométrica calculada. O Apêndice E apresenta características relacionadas aos procedimentos de cálculo dos índices de compatibilidade.

Tabela 11 – Valores de prioridade para os objetivos relacionados à LR

Objetivos	Unidade de estudo			Média Geométrica
	1	2	3	
Cidadania - OC	0,06687	0,04895	0,03941	0,05073
Econômico - OE	0,56017	0,54722	0,61611	0,57604
Imagem - OI	0,22622	0,24591	0,23539	0,23665
Cumprimento da legislação - OL	0,01922	0,01506	0,01430	0,01612
Serviço ao cliente - OS	0,12752	0,14286	0,09479	0,12046

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 12 – Compatibilidade entre prioridades individuais e prioridade geral dos objetivos

Comparações entre	Unidades de estudo			Vetor geral e unidades de estudo		
	1 e 2	1 e 3	2 e 3	1	2	3
Índice S	1,0299	1,0554	1,0326	1,0151	1,0077	1,0160
Índice G	0,9346	0,8830	0,8753	0,9502	0,9394	0,9253

Fonte: Produção do próprio autor

Na Tabela 12, de acordo com os critérios do índice S há muito bom nível de aproximação entre os valores dos vetores, enquanto de acordo com o índice G há valores abaixo de 0,9 nas comparações dos vetores das unidades 1 e 3 e, 2 e 3, sendo os vetores considerados quase totalmente compatíveis ($85 \leq G \leq 89,9$). O índice $G = 0,9253$ na célula inferior direita, apesar de ser maior que 0,9, indica uma maior diferença entre os resultados da unidade 3 e a média.

Outra comparação importante é em relação aos resultados obtidos no estudo realizado com uma amostra representativa de empresas brasileiras, incluídos vários setores, porém não o ramo de calçados. A Tabela 13 apresenta os resultados desse estudo.

Tabela 13 – Prioridades dos programas de LR relacionadas a empresas brasileiras

Programas	Prioridade
Cidadania	0,05816
Econômico	0,55715
Imagem	0,24654
Legal	0,01704
Serviço ao cliente	0,12111

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

A Tabela 14 apresenta a análise de compatibilidade entre vetores de prioridade geral do cluster e do estudo com empresas brasileiras. Os índices indicam ótima compatibilidade.

Tabela 14 – Compatibilidade entre vetores dos objetivos das indústrias de calçados versus nacional

	Índices	
	S	G
Valores calculados	1,003	0,9632

Fonte: Produção do próprio autor

Apesar de que os valores individuais tenham apresentado diferenças entre si, o resultado geral (média) obtido para o *cluster* apresenta grande proximidade com o resultado relacionado à indústria brasileira. Os valores dos julgamentos para o estudo com a indústria brasileira foram considerados durante o processo de análise pelos representantes das empresas como uma avaliação geral a ser adaptada às características da indústria calçadista. Se por um lado, a presença de informações pôde facilitar o processo de avaliação, também pode-se considerar que essas informações foram admitidas como adequadas para a situação em análise, fazendo-se alguns ajustes de acordo com as perspectivas dos entrevistados.

Para as diferenças individuais, é importante considerar que as empresas envolvidas no estudo de caso possuem características particulares quanto ao tipo de produto, nível de produção, e aspectos administrativos.

Por outro lado, essa ordem de importância para os programas da LR (Tabela 13) é também verificada por Leite (2006) em relação a quantidade de programas de LR encontrados em estudo sobre direcionadores da LR em empresas brasileiras.

A segunda etapa da análise sobre os aspectos gerenciais da LR no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte trata da avaliação do nível de prioridade entre os indicadores da LR e, envolve 9 matrizes e 31 julgamentos para aplicação do ANP.

A Tabela 15, apresenta os resultados das prioridades entre os indicadores de LR para as três unidades de estudo, assim como a média geral obtida pelo método AIP. As colunas O_i indicam a ordem de prioridade dos indicadores em cada vetor.

O nível de importância de um determinado elemento é relacionado à importância dos elementos aos quais está vinculado. Ao estarem relacionados a objetivos de alta prioridade, os indicadores recebem influência das importâncias associadas a esses, além das influências associadas com as inter-relações que integram (HERNÁNDEZ, 2010; HERNÁNDEZ; MARINS; SALOMON, 2011). Portanto, os indicadores que têm as maiores prioridades são

aqueles relacionados com os objetivos econômicos, que são custo de operação (CO) e recaptura de valor (RV). A ordem segue com os indicadores relacionados ao objetivo de imagem corporativa, que são incentivo à reciclagem (IR) e inovação tecnológica (IT).

Tabela 15 – Prioridade dos indicadores por unidade de estudo

Indicadores	Unidades de estudo						Média	O
	1	O ₁	2	O ₂	3	O ₃		
Ações sociais e ambientais - AS	0,07391	6	0,06156	8	0,04882	8	0,06123	6
Criação de emprego - CE	0,05879	8	0,04726	9	0,04883	7	0,04400	9
Cumprimento da legislação - CL	0,06199	7	0,06425	7	0,04884	6	0,05812	7
Custo de operação - CO	0,25838	1	0,26254	1	0,35231	1	0,29123	1
Incentivo à reciclagem - IR	0,09293	4	0,09571	4	0,08013	4	0,09031	4
Inovação tecnológica - IT	0,10726	3	0,11270	3	0,13326	3	0,11852	3
Relações duradouras - RD	0,05734	9	0,07088	5	0,07931	5	0,06932	5
Recaptura de valor - RV	0,21503	2	0,21493	2	0,19433	2	0,21016	2
Serviço diferenciado - SD	0,07437	5	0,07017	6	0,03450	9	0,05709	8

Fonte: Produção do próprio autor

A importância dos demais indicadores está relacionada com o tipo de indústria e, programas de logística reversa adotados. De fato, apesar das unidades de estudo serem indústrias calçadistas, como se vê nos resultados, há diferenças entre os vetores a partir do elemento de ordem 5, embora com diferenças pequenas em termos de valores de importância. Mais uma vez, deve-se considerar que as unidades possuem características particulares.

De acordo com a literatura, a complexidade da LR é influenciada por características do produto (ROGERS; MELAMED; LEMBKE, 2012), múltiplos critérios (técnicos e gerenciais) e diferentes tomadores de decisão (MADAAN; KUMAR; CHAN, 2012). Há indicadores de desempenho adequados às especificidades industriais (TATICCHI et al., 2014), devendo ser padronizados conforme os objetivos relacionados à LR (HUSCROFT et al., 2013b).

A Tabela 16 apresenta os valores da análise de compatibilidade entre os resultados relacionados às unidades de estudo e em relação ao vetor com o resultado geral. Como há alterações na ordem de prioridade são verificados os valores também para o índice V.

Tabela 16 – Compatibilidade entre prioridades individuais e prioridade geral dos indicadores

Comparações entre	Unidades de estudo			Vetor geral e unidades de estudo		
	1 e 2	1 e 3	2 e 3	1	2	3
Índice S	1,0149	1,1555	1,0938	1,0261	1,0070	1,0521
Índice G	0,9475	0,7600	0,7940	0,8964	0,9344	0,8453
Índice V	1,0547	1,0671	1,0186	1,0671	1,0186	1,0000

Fonte: Produção do próprio autor

Segundo o índice S há diferença significativa entre os resultados das unidades 1 e 3 e, quase no limite de 10% a diferença entre os resultados das unidades 2 e 3. Segundo o índice G, na comparação dos vetores das unidades 1 e 3, das unidades 2 e 3 e do vetor geral com a unidade 3 verifica-se níveis de compatibilidade moderados, enquanto na comparação do vetor geral com a unidade 1 verifica-se uma compatibilidade próxima a muito alta. Segundo o índice V, há compatibilidade entre todos os vetores, principalmente, considerando algumas simulações realizadas sobre a sensibilidade dos índices de compatibilidade a variações nos elementos dos vetores, por não haver mudanças na ordem dos primeiros elementos.

Para avaliar a presença de características específicas relativas ao *cluster* industrial em análise, foi feita a comparação em relação ao resultado obtido no estudo realizado com amostra de empresas brasileiras que são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Prioridades dos indicadores de LR relacionadas a empresas brasileiras

Indicadores	Prioridade	O
Ações sociais e ambientais - AS	0,07806	6
Criação de emprego - CE	0,08384	5
Cumprimento da legislação - CL	0,04188	7
Custo de operação - CO	0,30134	1
Incentivo à reciclagem - IR	0,08988	4
Inovação tecnológica - IT	0,13276	3
Relações duradouras - RD	0,03061	9
Recaptação de valor - RV	0,20681	2
Serviço diferenciado - SD	0,03483	8

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

Na comparação dos resultados apresentados nas Tabelas 15 e 17, enquanto na pesquisa junto ao *cluster* de calçados o quinto indicador mais importante é relações duradouras (RD) e o menos importante é criação de emprego (CE), na pesquisa com empresas brasileiras ocorre o inverso.

No primeiro caso, quanto a RD, pode-se considerar que parceria e cooperação são aspectos fundamentais na estratégia competitiva de empresas em clusters industriais (SCHIMITZ, 1999; WOOD; PARR, 2005). No segundo, quanto a CE, a dimensão das atividades de LR que tem uma estrutura mais simples no *cluster* calçadista que em outros setores produtivos e, presença de parceiros prestando serviço para os processos de coleta, transporte e tratamento de resíduo, podem ser citados como motivos para a geração de emprego não ser um indicador mais importante.

A Tabela 18 apresenta os índices de compatibilidade relacionados a comparação dos vetores das pesquisas junto ao cluster calçadista e indústria nacional.

Tabela 18 – Compatibilidade entre vetores dos indicadores: indústrias de calçados versus nacional

Comparação	Índices de compatibilidade		
	S	G	V
<i>Cluster calçadista versus indústria nacional</i>	1,1758	0,8676	1,0806

Fonte: Produção do próprio autor

Segundo o índice S, os vetores do resultado geral do estudo e do resultado nacional são considerados incompatíveis (embora que as alterações nos valores das importâncias sejam pequenas, houve inversão entre o quinto e o último elemento). Segundo o índice G é considerada alta compatibilidade (as alterações nos valores das importâncias dos elementos não foram grandes, porém, é considerada uma certa diferença). Segundo o índice V os vetores são considerados compatíveis (não há alteração na ordem dos primeiros elementos).

4.3 AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES

Esta seção complementa a análise acrescentando algumas avaliações com respeito a possíveis modificações no método utilizado, tanto no Modelo de análise utilizado como no procedimento de agregação.

Um primeiro aspecto diz respeito à importância dos indicadores em relação aos objetivos. Nos cálculos realizados na seção 4.2 foram consideradas essas importâncias iguais, tendo em vista a importância para medir o desempenho. Buscando avaliar as variações possíveis nos resultados por considerar diferenças nas importâncias dos indicadores em relação aos objetivos, mais quatro julgamentos foram introduzidos (item 2.2 do Apêndice C).

A Tabela 19 apresenta as importâncias consideradas para os indicadores de desempenho da LR em relação aos objetivos em cada unidade de estudo e, a importância média calculada pelo método AIP.

A Tabela 20 apresenta os vetores de prioridades dos indicadores considerando os níveis de importância individuais da Tabela 19, e o vetor da média calculado pelo método AIP.

Como se observa na Tabela 20, a introdução das importâncias dos indicadores em relação aos objetivos aumentou as diferenças entre os vetores, por ampliar ou diminuir os valores e alterar a ordem de prioridade.

Tabela 19 – Prioridades dos indicadores em relação aos objetivos por unidade de estudo

Objetivos	Indicadores	Unidade de estudo			Média
		1	2	3	
Econômico (OE)	Custos de operação (CO)	0,50	0,25	0,83	0,54
	Recaptura de valor (RV)	0,50	0,75	0,17	0,46
Imagem (OI)	Inovação tecnológica (IT)	0,50	0,50	0,86	0,65
	Incentivo à reciclagem (IR)	0,50	0,50	0,14	0,35
Cidadania (OC)	Ações sociais e ambientais (AS)	0,50	0,25	0,20	0,69
	Criação de empregos (CE)	0,50	0,75	0,80	0,31
Serviço ao Cliente (OS)	Relações duradouras (RD)	0,50	0,25	0,83	0,54
	Serviços diferenciados (SD)	0,50	0,75	1,17	0,46
Cumprimento da Legislação (OL)	Cumprimento da legislação (CL)	1	1	1	1

Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 20 – Prioridades considerando importâncias diferentes dos indicadores

Indicadores	Unidades de estudo						Média	O
	1	O ₁	2	O ₂	3	O ₃		
Ações sociais e ambientais - AS	0,07391	6	0,05677	6	0,03177	6	0,05563	7
Criação de emprego - CE	0,05879	8	0,05442	7	0,02562	8	0,04731	9
Cumprimento da legislação - CL	0,06199	7	0,05047	8	0,06120	5	0,06277	6
Custo de operação - CO	0,25838	1	0,18564	2	0,46228	1	0,30595	1
Incentivo à reciclagem - IR	0,09293	4	0,09373	5	0,03016	7	0,06975	4
Inovação tecnológica - IT	0,10726	3	0,10392	3	0,20353	2	0,14310	3
Relações duradouras - RD	0,05734	9	0,04859	9	0,08316	4	0,06689	5
Recaptura de valor - RV	0,21503	2	0,31180	1	0,08460	3	0,19422	2
Serviço diferenciado - SD	0,07437	5	0,09465	4	0,01769	9	0,05438	8

Fonte: Produção do próprio autor

Na Tabela 21 os índices de compatibilidade para comparação dos vetores da Tabela 20 apresentam valores bem acentuados quanto a divergência dos vetores.

Tabela 21 – Compatibilidade entre vetores considerando importância dos indicadores

Comparações entre	Unidades de estudo			Vetor geral e unidades de estudo		
	1 e 2	1 e 3	2 e 3	1	2	3
Índice S	1,0487	1,6908	2,0833	1,0471	1,1328	1,3327
Índice G	0,7957	0,5235	0,4209	0,8314	0,6868	0,6356
Índice V	1,1302	1,2123	1,4592	1,0726	1,2440	1,0897

Fonte: Produção do próprio autor

Utilizando os valores médios das importâncias dos indicadores (Tabela 19) para calcular os vetores de prioridades das unidades, são obtidos os valores apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Prioridades considerando valor médio das importâncias indicadores

Indicadores	Unidades de estudo						Média	O
	1	O ₁	2	O ₂	3	O ₃		
Ações sociais e ambientais - AS	0,07766	4	0,06423	7	0,03209	7	0,06308	6
Criação de emprego - CE	0,04794	9	0,03871	9	0,01437	9	0,03471	9
Cumprimento da legislação - CL	0,07293	5	0,06243	8	0,03377	6	0,06223	7
Custo de operação - CO	0,26885	1	0,24264	2	0,24632	1	0,29315	1
Incentivo à reciclagem - IR	0,06937	7	0,06922	5	0,03940	5	0,06669	5
Inovação tecnológica - IT	0,13526	3	0,13474	3	0,10530	3	0,14437	3
Relações duradouras - RD	0,06086	8	0,07461	4	0,05367	4	0,07256	4
Recaptação de valor - RV	0,19546	2	0,24715	1	0,12006	2	0,20872	2
Serviço diferenciado - SD	0,07168	6	0,06628	6	0,02171	8	0,05448	8

Fonte: Produção do próprio autor

Nas Tabelas 20 e 22, a ordem dos quatro primeiros elementos não é mantida para as três unidades de estudo, como ocorre nos resultados sem considerar importância dos indicadores em relação aos objetivos (Tabela 15) e, também há uma maior variação entre os valores de prioridade dos demais indicadores.

A Tabela 23 apresenta a análise de compatibilidade da comparação entre os vetores da Tabela 20.

Tabela 23 – Compatibilidade considerando importância dos indicadores usando a média

Comparações entre	Unidades de estudo			Vetor geral e unidades de estudo		
	1 e 2	1 e 3	2 e 3	1	2	3
Índice S	1,0234	1,1715	1,1189	1,0287	1,0125	1,0598
Índice G	0,8801	0,5788	0,5752	0,8920	0,8887	0,5658
Índice V	1,2545	1,1203	1,1338	1,1117	1,1289	1,0053

Fonte: Produção do próprio autor

Na Tabela 23, os índices S e G apresentam valores indicando maiores divergências entre as unidades 1 e 3 e as unidades 2 e 3, considerando os vetores incompatíveis, enquanto pelo índice V todas as mudanças de ordem de prioridade dos vetores são consideradas significativas, com maior incompatibilidade entre as unidades 1 e 2.

Na comparação dos vetores das unidades com o vetor geral (média), pelo índice S há ótima compatibilidade, de acordo com os valores do índice G há quase compatibilidade de ambos os vetores das unidades 1 e 2 e incompatibilidade do vetor da unidade 3 na comparação com o vetor geral. Pelo índice V apenas são considerados compatíveis os vetores da unidade 3 e o vetor geral.

A Tabela 24 apresenta a análise de compatibilidade entre o vetor de prioridades geral dos indicadores considerados com diferentes importâncias em relação aos objetivos e o resultado da indústria nacional. A consideração de importâncias diferentes dos indicadores não alterou de forma significativa, segundo os valores dos índices S e G, a diferença entre os vetores geral resultante das prioridades relacionadas às unidades de estudo e o nacional, no entanto pelo valor encontrado para o índice V há diferença significativa, o que é explicado devido à mudança na ordem de prioridades.

Tabela 24 – Compatibilidade: indicadores com diferentes importâncias versus nacional

Comparação	Índices de compatibilidade		
	S	G	V
Cluster calçadista X indústria nacional	1,1742	0,8477	1,1259

Fonte: Produção do próprio autor

Finalmente, por haver a possibilidade de avaliar os valores das prioridades partindo dos julgamentos individuais, o vetor geral das prioridades dos indicadores para o *cluster* foi calculado utilizando o método AIJ. As matrizes (Apêndice E) com os julgamentos resultantes apresentaram razões de consistência variando de 0 a 0,059 ($CR \leq 0,1$).

A Tabela 25 apresenta os valores do vetor resultante da Tabela 15 calculado pelo método AIP e o vetor resultante calculado pelo método AIJ. Os dois vetores na Tabela 25 apresentam valores muito próximos e a mesma ordem de prioridade.

Tabela 25 – Vetores de prioridade calculados pelos métodos AIP e AIJ

Indicadores	AIP	Ordem	AIJ	Ordem
Ações sociais e ambientais - AS	0,06123	6	0,06333	6
Criação de emprego - CE	0,04400	9	0,04440	9
Cumprimento da legislação - CL	0,05812	7	0,05848	7
Custo de operação - CO	0,29123	1	0,28983	1
Incentivo à reciclagem - IR	0,09031	4	0,09060	4
Inovação tecnológica - IT	0,11852	3	0,11708	3
Relações duradouras - RD	0,06932	5	0,07295	5
Recaptação de valor - RV	0,21016	2	0,20544	2
Serviço diferenciado - SD	0,05709	8	0,05789	8

Fonte: Produção do próprio autor

A Tabela 26 apresenta os valores dos índices de compatibilidade na comparação dos vetores da Tabela 25. De acordo com os valores apresentados pelos índices S, G e V há uma ótima compatibilidade entre os vetores.

Tabela 26 – Compatibilidade entre vetores gerais: métodos AIP x AIJ

Comparação	Índices de compatibilidade		
	S	G	V
Vetores gerais: métodos AIP x AIJ	1,0004	0,9851	1,0000

Fonte: Produção do próprio autor

Embora para a situação avaliada neste trabalho seja considerado que o método de agregação pelas prioridades individuais (AIP) seja recomendado, a utilização do método de cálculo por meio da agregação dos julgamentos individuais (AIJ) tem como resultado um vetor com alto grau de similaridade em relação ao do método AIP.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os resultados da pesquisa junto ao *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte - CE, cujos dados foram obtidos através de estudo de caso junto a indústrias integrantes desse, por meio de entrevistas com representantes da gerência das mesmas e observações direta nas instalações produtivas.

Primeiro foram apresentadas as características estruturais da logística reversa no *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte, considerando também aspectos ambientais e legais envolvidos, uma vez que para identificar as características locais do setor produtivo calçadista, também foram entrevistados representantes de órgãos públicos relacionados à gestão ambiental.

A segunda parte do capítulo trata das características gerenciais da logística reversa, avaliadas com a utilização do modelo de tomada de decisão multicritério desenvolvido segundo as perspectivas do BSC e o método de análise ANP, e que avalia os níveis de prioridade entre os objetivos estratégicos e entre os indicadores de desempenho da LR.

Na avaliação das prioridades dos objetivos, os valores dos julgamentos obtidos por Hernández (2010), na pesquisa realizada com empresas brasileiras, foram considerados pelos entrevistados para serem adaptados às características das indústrias em estudo, sendo considerados adequados à realidade local com alguma modificação nos valores das prioridades. Desta forma, o vetor das prioridades dos objetivos resultante da pesquisa junto ao *cluster* calçadista e o vetor obtido na pesquisa com empresas brasileiras apresentaram um nível de compatibilidade muito alta, avaliado por meio dos índices S e G. No entanto, para os resultados individuais, são verificadas diferenças maiores nos níveis de importância dos objetivos, tendo-se por meio do índice G identificado menor compatibilidades nas comparações dos vetores.

Na avaliação das prioridades dos indicadores de desempenho, as prioridades dos principais objetivos determinam, junto a outras inter-relações envolvidas, que os indicadores mais importantes são custos de operação (CO) e recaptura de valor (RV) relacionados ao objetivo econômico e, inovação tecnológica (IT) e incentivo à reciclagem (IR) relacionados ao objetivo de imagem corporativa, sendo um resultado semelhante ao obtido para a indústria nacional. No entanto, enquanto para o estudo com indústrias brasileiras o indicador criação de emprego (CE) é o quinto mais importante e relações duradouras (RD) é o menos importante, nos resultados relacionados ao *cluster* calçadista observa-se o contrário, o que pode ser relacionado à estrutura da LR mais simples e, as questões de parceria e cooperação como fundamentais na competitividade em aglomerações produtivas.

Na avaliação dos resultados referentes aos indicadores da RL por meio dos índices de compatibilidade, na comparação dos vetores geral da pesquisa no cluster e da pesquisa com empresas brasileiras, pelo índice S deve-se considerar os vetores incompatíveis (pode ser relacionado a mudanças no último elemento) enquanto, pelo índice G deve-se considerar alta compatibilidade, não muito alta (as alterações nos valores das importâncias dos elementos não foram grandes, porém, é considerada uma certa diferença) e, pela avaliação com o índice V as mudanças na ordem de prioridade não são consideradas significativas (não houve mudanças nos primeiros elementos do vetor).

Na comparação entre os resultados individuais das prioridades dos indicadores e destes em relação ao resultado geral, o índice S identifica não compatibilidade em apenas uma comparação, enquanto o índice G apresenta uma maior sensibilidade às variações e por considerar algumas faixas de nível de compatibilidade entre vetores, apresenta valores entre a compatibilidade moderada, alta e muita alta. Essas variações podem ser justificadas devido às diferenças existentes entre as empresas avaliadas, em termos de produto, tamanho/volume de produção, e estrutura administrativa.

Pode-se considerar o procedimento utilizado neste estudo como satisfatório diante da necessidade de avaliação que foi proposta. Por um lado, o modelo multicritério utilizado permitiu avaliar as características gerenciais da LR. Por outro lado, tendo-se variações entre os vetores de decisão, os índices de compatibilidade permitiram quantificar o nível de semelhança existente entre os valores.

Na comparação dos procedimentos de análise de compatibilidade utilizados, pode-se considerar que o índice G, por utilizar várias faixas para compatibilidade entre vetores, permitiu melhores avaliações. Podem ser determinados níveis de compatibilidade para o índice S, no

entanto há o aspecto relacionado a uma maior sensibilidade a mudanças entre os elementos de menor importância, que correspondem aos valores menores do vetor de prioridade.

Tendo em vista que nas entrevistas foram consideradas diferentes importâncias entre indicadores de desempenho com respeito aos objetivos, em complementação à análise foi avaliada a variação nos resultados com a introdução dessas informações. Como resultado, as diferenças entre os vetores correspondentes as prioridades dos indicadores de desempenho foram acentuadas.

Também foi verificado que o vetor de prioridades calculado por meio do método AIJ, para os dados analisados neste trabalho, apresenta muita similaridade em relação ao vetor calculado pelo método AIP.

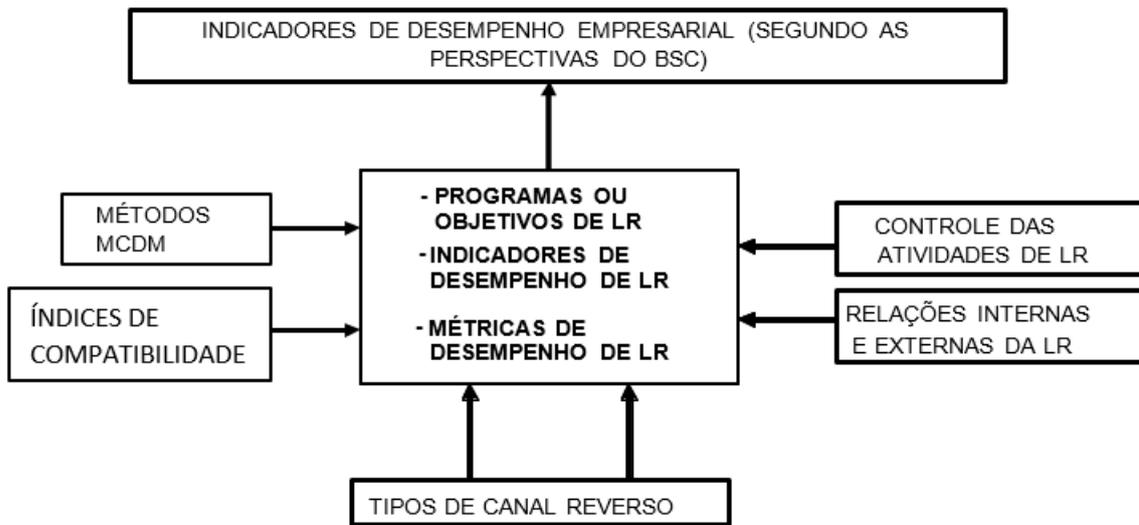
Tendo em vista a necessidade de avaliação dos resultados obtidos com o modelo utilizado em relação às características avaliadas, deve-se considerar que os representantes das empresas consideraram muito interessante os aspectos analisados, sendo uma forma de abordagem sobre os retornos de materiais não considerada no cotidiano das atividades produtivas e, que os resultados da análise eram também adequados à realidade.

Finalmente, considerando o modelo conceitual proposto por Hernández (2010), que orienta a estrutura do modelo multicritério utilizado e, considerando a sua aplicação de forma a avaliar situações como a verificada neste trabalho, ou outra possível aplicação na qual a comparação de vetores de decisão se faça necessária, pode-se sugerir uma possível adaptação introduzindo esses aspectos.

A Figura 12 apresenta a adaptação do modelo conceitual com a inclusão dos índices de compatibilidade e, a opção de tratar como programas ou objetivos.

O modelo conceitual adaptado na Figura 12 foca o desempenho empresarial sustentável relacionado a prática da LR. O processo inicia com a estrutura dos canais reversos que estão relacionados aos objetivos organizacionais, segue com as medidas de desempenho relacionadas a programas ou objetivos específicos. Os indicadores de desempenho empresarial segundo a lógica do BSC são os principais resultados. O controle das atividades da LR e relações com *stakeholders* são importantes aspectos considerados. Por meio dos métodos de MCDM ANP e AHP as interações entre os diversos aspectos do modelo são avaliadas.

Figura 12 – Modelo conceitual de gerenciamento da LR



Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

5 CONCLUSÕES

5.1 VERIFICAÇÃO ALCANCE DOS OBJETIVOS, RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DA PESQUISA E DIFICULDADES ENCONTRADAS

Os objetivos da pesquisa são apresentados a seguir, com as devidas considerações a respeito do que foi alcançado:

- Identificar as características estruturais da LR no cluster calçadista da Região do Cariri cearense.

Pôde-se identificar as características da LR no *cluster* por meio das informações obtidas nas entrevistas e observações realizadas. Pôde-se compreender particularidades dos processos de retorno envolvidos, a abrangência da LR, o que está, de acordo com a literatura, vinculado a diversos aspectos, como tipo de produto e materiais constituintes, aspectos econômicos, legais e comerciais, relações com *stakeholders*, entre outros.

- Identificar os aspectos gerenciais da LR no *cluster* calçadista da Região do Cariri cearense.

Mesmo tendo-se tratado de aspectos que estão relacionados a atividades gerenciais na realização do objetivo anterior, para atingir este segundo objetivo, buscou-se compreender as características estratégicas envolvidas e, para tanto, foi aplicado o modelo de tomada de decisão multicritério, de forma a avaliar os níveis de importância entre objetivos e entre indicadores de desempenho relacionados aos objetivos. Desta forma, foram identificadas características gerenciais estratégicas relacionadas às empresas em estudo.

- Comparar diferenças entre resultados das unidades pesquisadas e em relação à literatura.

Os resultados individuais apresentam características particulares, como também há diferenças em relação a resultado de pesquisa realizadas com outras características industriais, o que pôde ser verificado pela comparação dos vetores de prioridades específicos de cada caso.

Também, com a aplicação de índices de compatibilidade pôde-se avaliar de forma quantitativa os níveis de aproximação entre os vetores, tanto em termos de mudanças nos valores, como em termos de modificação na ordem de prioridade.

- Contribuir com os procedimentos de avaliação de LR em clusters industriais.

Considerando que o método de estudo de caso já é consagrado como ferramenta de pesquisa na área de gestão da produção e, diante da experiência obtida neste estudo, pode-se sugerir que além do modelo multicritério utilizado para analisar aspectos gerenciais, o procedimento de análise de compatibilidade adotado também pode ser útil para futuros estudos.

As questões da pesquisa são apresentadas a seguir, com respectivas respostas obtidas a partir deste trabalho:

- Quais os tipos de retorno de materiais existentes?

Na literatura sobre LR são contemplados diversos tipos de retornos que podem existir, de pós-venda ou pós-consumo, reciclagem, remanufatura, seja devido a problemas de garantia/qualidade, validade, fim de vida útil, balanceamento de canais, erros de envio entre outros. Porém, a existência de certas operações depende de características como o tipo de produto, custo, exigências ou necessidades, sejam vinculadas a aspectos econômicos, comerciais ou legais e, portanto, os canais reversos se apresentam com maior ou menor complexidade, ao envolver as atividades necessárias aos retornos de materiais.

No que se refere à indústria relacionada à produção de calçados a partir de materiais sintéticos e, considerando cadeia (s) produtiva (s) existente (s) internamente em *clusters* industriais, tendo-se em foco a aglomeração produtiva existente em Juazeiro do Norte - CE e as informações levantadas nesta pesquisa, algumas características podem ser identificadas.

Os materiais retornam ou como resíduos de processo, como itens rejeitados, sobras/aparas, materiais de pós-venda devido à problema de qualidade, vida útil/validade, ou pós-consumo, cujos materiais também podem ser reaproveitados (embora não sejam muito utilizados, devido ao critério de qualidade).

- Quais os tipos de operações de retorno de materiais existentes no *cluster*, considerando desde resíduos de processo a materiais de pós-venda e pós-consumo, o tipo de produto fabricado e as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos?

Operações de retorno dizem respeito aos processos envolvidos no fluxo de materiais da LR, que podem incluir coleta, seleção, transporte, reparo, remanufatura, desmontagem, reciclagem, revenda e descarte final adequado. Tendo em vista as características do material, o reaproveitamento se dá através da reciclagem. O retorno de material pós-venda para o fabricante não exige operações complexas. O retorno de materiais de pós-consumo quando realizado é através de atividades de terceiros. Não há exigência legal sobre o controle pelas empresas dos resíduos de pós-consumo.

- Como são as relações na cadeia de suprimentos do cluster relacionadas aos retornos de materiais?

Os retornos de materiais no *cluster* ocorrem nas relações de diversos elos da cadeia de suprimento de materiais, sejam os produtos encaminhados ao mercado consumidor ou seus resíduos de pós-venda ou pós-consumo, sejam os materiais utilizados na produção como resíduos de matérias primas ou materiais necessários ao processo produtivo. A existência de

cadeias de suprimento diversas, em um *cluster* industrial, aumenta a complexidade da LR com respeito aos variados fluxos e relações de concorrência.

- Como se dão as relações entre parceiros comerciais relacionadas aos retornos de materiais, quais as características relacionadas à aglomeração que influenciam a forma de retorno de materiais ou viabilizam estes?

Relações de parceria e cooperação em *clusters* são consideradas como fundamentais para a eficiência das empresas. A Proximidade existente devido a concentração regional tem efeito em redução de custos, para aquisição ou distribuição de insumos e, viabilizar a localização de prestadores de serviço ou fornecedores de materiais próximo às empresas.

As atividades de retorno de materiais de pós-venda são contempladas dentro desses aspectos. Os custos de retorno de produtos são reduzidos, pois as empresas não precisam coletar individualmente os materiais uma vez que, para atender à necessidade de uma certa quantidade de empresas, há prestação de serviços realizada por terceiros, envolvendo as etapas de coleta, seleção, transporte, processamento entre outras.

As relações com fornecedores também facilitam o processo de encaminhamento e processamento de resíduos, sendo agregado o serviço ao cliente para o descarte de materiais. Por outro lado, planos de gerenciamento de resíduos sólidos coletivos permitem que parceiros na cadeia de suprimentos compartilhem benefícios e custos resultantes da gestão em conjunto.

- Como são as características gerenciais relacionadas aos fluxos reversos de materiais no *cluster*?

A LR, embora seja uma prática das empresas do *cluster*, relacionada a redução de custos e prestação de serviços ao cliente, não é tratada formalmente dentro do conceito atual observado na literatura. Ou seja, há a prática de aproveitamento de resíduos através da reciclagem, de atendimento aos requisitos legais e comerciais, exigência de *stakeholders*, entre outros aspectos, porém o termo ‘logística reversa’ é mais associado à PNRS quanto à exigência da responsabilidade sobre os resíduos de pós consumo, para algumas atividades produtivas.

Desta forma, embora existam as operações de retorno não há um tratamento formalizado da função LR, sendo as atividades e o fluxo de materiais correspondentes administrados junto às demais operações relacionadas à administração de materiais/produção.

- Quais são os aspectos gerenciais relacionados ao retorno, em especial com respeito a objetivos e indicadores de desempenho?

As características gerenciais da LR, como em qualquer atividade administrativa, estão relacionadas com a complexidade envolvida que por sua vez depende das características do produto e materiais constituintes, aspectos econômicos, relação com *stakeholders* entre outras.

Por meio da aplicação de abordagem de decisão multicritério, os aspectos gerenciais de retorno de materiais foram avaliados. O modelo é estruturado com o método *Analytic Network Process* (ANP) articulado com os fundamentos do *Balanced Scorecard* (BSC), considerando, além de aspectos estratégicos no nível de objetivos, também dos indicadores de desempenho relacionados.

Quanto aos objetivos, de acordo com a classificação proposta no modelo e julgamentos realizados, classificam-se na seguinte ordem de prioridades: econômico, imagem, serviço ao cliente, cidadania e cumprimento de legislação.

Com respeito aos indicadores, custos de operação e recaptura de valor (vinculados ao objetivo econômico) são os mais importantes, seguidos por inovação tecnológica, incentivo à reciclagem, relações duradouras, ações sociais e ambientais, cumprimento da legislação, serviço diferenciado e, criação de emprego.

- Quais as diferenças entre resultados obtidos nas unidades pesquisadas e em relação à literatura?

Entre as unidades de estudo foram verificadas diferenças, tanto nos níveis de importância entre objetivos, como no nível dos indicadores. No entanto, deve-se considerar que as empresas pesquisadas apresentam diferenças nas características do produto, no porte/volume de produção e na estrutura administrativa.

Em comparação relacionada aos resultados obtidos em pesquisa com uma amostra de empresas brasileiras de segmentos variados, portes diferentes, entre outros aspectos, os indicadores que apresentaram maior divergência em termos de prioridade foram relações duradouras e criação de emprego. O primeiro recebeu maior importância dos representantes do *cluster* calçadista, passando da última posição (menos importante) no resultado com empresas brasileiras, para ser considerado o quinto mais importante no *cluster*. Com o segundo, ocorreu o contrário, passando, respectivamente, da quinta para a nona posição.

Os indicadores ações sociais e ambientais, cumprimento da legislação e serviços diferenciados, foram avaliados, pelos representantes do *cluster*, com menor importância que o indicador relações duradouras.

O indicador relações duradouras ter maior importância pode estar vinculado aos aspectos de parceria e cooperação, características básicas relacionadas à competitividade em *clusters* industriais. Quanto a menor importância atribuída para cumprimento da legislação, criação de emprego e ações sociais e ambientais pode estar relacionado a aspectos como estrutura das indústrias, concorrência e legislação.

5.2 PRINCIPAIS RESULTADOS DA PESQUISA

Nesta seção são enfatizados os principais resultados da pesquisa do ponto de vista da contribuição do trabalho, que é a justificativa da sua realização. No Capítulo 1, são consideradas como contribuições do trabalho aspectos socioeconômicos e científicos. No primeiro caso, considera-se a importância que *clusters* industriais apresentam para o fortalecimento de pequenas empresas, assim como para o desenvolvimento de regiões geográficas. No segundo aspecto, o estudo sobre a LR em *clusters* industriais, aplicação do modelo ANP/BSC (HERNÁNDEZ, 2010) como método de análise e, aplicação de índices de compatibilidade para avaliar similaridades entre unidades no estudo de caso, são as contribuições consideradas.

Com base na teoria sobre LR, verifica-se ausência de estudos específicos com foco nas características das operações de retorno de materiais em cadeias produtivas, que considerem aspectos relacionados aos princípios da estruturação de *clusters* industriais. Neste sentido, este trabalho acrescentou uma discussão sobre as características de atividades de LR existentes em *clusters* industriais relacionando essas às próprias características que justificam as aglomerações produtivas, que estão relacionadas a ganhos de competitividade coletivos.

Portanto, por meio de um estudo de caso exploratório junto ao *cluster* calçadista de Juazeiro do Norte – CE, foram identificadas características estruturais e gerenciais que evidenciam fortes relações com os princípios que orientam a formação de aglomerações produtivas.

Os ganhos proporcionados pela concentração de empresas com uma especialidade em comum são observados influenciando a forma como materiais podem retornar na cadeia produtiva. Desta forma, a maior demanda originada devido a concentração de empresas que podem utilizar um serviço justifica a existência de entidades responsáveis por incineração, ou por coleta, seleção e tratamento de materiais e resíduos a serem retornados para reciclagem.

Do ponto de vista gerencial, os objetivos estratégicos relacionados à prática da LR foram considerados com níveis de prioridades equivalentes à indústria em geral. No entanto, os objetivos mais específicos em relação a atividades operacionais foram avaliados com nível de prioridades que podem ser vinculadas às características da cadeia produtiva, assim como a própria estrutura da LR no *cluster* calçadista.

Outro aspecto importante diz respeito ao método utilizado na pesquisa. Este trabalho aplicou o modelo multicritério proposto por Hernández (2010), que utiliza uma abordagem ANP/BSC para analisar aspectos estratégicos do gerenciamento da LR. A aplicação do modelo,

para avaliar as características gerenciais da LR no *cluster* calçadista, resultou em expressiva contribuição para a análise realizada.

A aplicação do modelo multicritério permitiu verificar características em relação às empresas que serviram como unidades de estudo, assim como avaliar as características do *cluster* em comparação a dados gerais relacionados a indústria nacional. A experiência registrada neste trabalho reforça no sentido de confirmar a consistência e valor heurístico do modelo utilizado, proposto como uma ferramenta de avaliação da LR com caráter sistêmico.

Adicionalmente à utilização do modelo multicritério, por meio da aplicação de índices de compatibilidade, os vetores de prioridade de objetivos e de indicadores de desempenho da LR, determinados, por meio da aplicação do método multicritério, para cada uma das unidades de estudo e para o *cluster*, foram comparados de forma quantitativa.

Com a estimativa do nível de similaridade entre os vetores de prioridade, pôde-se verificar que os resultados individuais, embora com alguma diferença, apresentavam coerência com o valor médio determinado para o *cluster*. Vale destacar que essas diferenças individuais verificadas podem estar relacionadas a diferentes características administrativas, porte da empresa ou tipo de produto.

Tendo em vista a existência de três procedimentos propostos na literatura para análise de compatibilidade entre vetores de decisão e, também a discussão existente com respeito a eficiência destes, uma avaliação comparativa desses foi incluída no estudo.

Primeiro, os procedimentos de análise de sensibilidade foram comparados previamente com respeito à sensibilidade a determinadas variações em vetores de decisão, o que permitiu identificar características particulares. Posteriormente, tendo-se os vetores resultantes da pesquisa, os índices foram calculados utilizando os três métodos, e assim comparada a qualidade dos seus resultados. O índice G, na análise realizada, apresentou uma melhor qualidade de avaliação em relação aos outros, principalmente por considerar algumas faixas de variação relacionadas ao nível de aproximação entre os vetores, mas também por apresentar sensibilidade a variações específicas.

A pequena quantidade de empresas envolvidas no estudo é uma barreira para a generalização dos resultados. Uma dificuldade com o método utilizado diz respeito ao tempo necessário para se realizar os julgamentos.

5.3. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Investigar as características tratadas neste trabalho com um maior número de empresas pode reforçar / melhorar as conclusões deste estudo.

Realizar estudos em outros setores industriais, para se obter conclusões mais gerais quanto as atividades de LR em *clusters* industriais.

A aplicação dos métodos utilizados a outras características industriais pode ajudar a aperfeiçoar os critérios de avaliação a serem adotados.

A análise de sensibilidade pode ser considerada para avaliar as possibilidades de variação nos resultados obtidos de acordo com modificações em algum fator relacionado.

Outros métodos podem ser avaliados para analisar a compatibilidade entre vetores, como coeficientes de correlação de *Pearson* e *Spearman*.

REFERÊNCIAS

- ABDULRAHMAN, M. D.; GUNASEKARAN, A.; SUBRAMANIAN, N. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 460–471, jan. 2014.
- ABICALÇADOS – Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. **Relatório setorial – Indústria de calçados do Brasil**. Novo Hamburgo – RS: ABICALÇADOS, 2016, 55 p.
- ACZÉL, J.; ALSINA, C. Synthesizing judgements: a functional equations approach. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 311–320, 1987.
- ACZÉL, J.; ROBERTS, F. S. On the possible merging functions. **Mathematical Social Sciences**, v. 17, n. 3, p. 205–243, 1989.
- ACZÉL, J.; SAATY, T. L. Procedures for synthesizing ratio judgements. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 27, n. 1, p. 93–102, 1983.
- ADENSO-DIAZ, B.; SARKIS, J.; GONZALEZ-TORRE, P.; ALVAREZ, M. Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector. **British Journal of Management**, v. 21, n. 4, p. 889–904, dec. 2010.
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. Triple bottom line performance evaluation of reverse logistics. **Competitiveness Review**, v. 26, n. 3, p. 289–310, may 2016a.
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. Outsourcing decisions in reverse logistics: Sustainable balanced scorecard and graph theoretic approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 108, p. 41–53, mar. 2016b.
- AGUEZZOUL, A. Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. **Omega**, v. 49, p. 69–78, dec. 2014.
- AHI, P.; SEARCY, C. An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 86, p. 360–377, jan. 2015.
- ANDRADE, J. E. P. DE; CORRÊA, A. R. Panorama da indústria mundial de calçados, com ênfase na América Latina. Rio de Janeiro: **BNDES Setorial**, n. 13, p. 95-126, mar. 2001. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital> Acessado em: Maio/2017.
- ANDRIGUETTO, F. D.; DALLABRIDA, L.; CARNEIRO, R. J. **Análise dos vetores da responsabilidade social da central de triagem de resíduos da indústria calçadista de Três Coroas/RS - estudo de caso**. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais SIMPOI, 14., 2011. **Anais...** São Paulo: FGVEAESP, 2011. Disponível em: <<http://www.simpoi.fgvsp.br>>.
- ARROW, K. J. **Social Choice and Individual Values**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1963.
- ATASU, A.; GUIDE, V. D. R.; VAN WASSENHOVE, L. N. Product Reuse Economics in Closed-Loop Supply Chain Research. **Production and Operations Management**, v. 17, n. 5,

p. 483–496, sep. 2008.

AZADI, M.; SAEN, R. F. A new chance-constrained data envelopment analysis for selecting third-party reverse logistics providers in the existence of dual-role factors. **Expert Systems with applications**, v. 38, n. 10, p. 12231-12236, sep. 2011.

BARKER, T. J.; ZABINSKY, Z. B. A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. **Omega**, v. 39, n. 5, p. 558–573, oct. 2011.

BELDERRAIN, M. C. N.; OLIVEIRA, C. A. DE; SILVA, A. C. S. DA. Analytic Network Process. In: MARINS, F. A. S. et al. (Eds.). **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher, 2010. p. 41–71.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, feb. 2002.

BORCHARDT, M.; WENDT, M. H.; SELBITTO, M. A.; PEREIRA, G. M. Reprojetado do contraforte: um caso de aplicação do ecodesign em manufatura calçadista. **Produção**, v. 20, n. 3, p. 392–403, 2010.

BRANDENBURG, M.; GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; SEURING, S. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 299–312, mar. 2014.

BRITO, E. P. Z.; LEITE, P. R. Logística reversa de produtos não consumidos: práticas de empresas no Brasil. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 3, n. 3, p. 214–229, 2005.

BRITO, M. P.; DEKKER, R. Reverse Logistics – a framework. **Econometric Institute Report**, v. 38, p. 1–19, oct. 2002.

BURGEON, L. J.; EISENHARDT, K. M. Strategic decision processes in high velocity environments: four cases in the microcomputer industry. **Management Science**, v. 34, n. 7, p. 816–835, jul. 1988.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Panorama da indústria cearense de calçados**. Fortaleza – CE: IPECE, 2012. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/textos_discussao/TD_101.pdf. Acessado em: Abril/2017.

CEARÁ. Secretaria da Fazenda. **Relação das empresas de fabricação de calçados do município de Juazeiro do Norte**. Juazeiro do Norte, 2013.

CHENG, E. W. L.; LI, H. Application of ANP in process models: An example of strategic partnering. **Building and Environment**, v. 42, n. 1, p. 278–287, jan. 2007.

CHOI, T.-M.; LI, Y.; XU, L. Channel leadership, performance and coordination in closed loop supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 1, p. 371–380, nov. 2013.

CLÍMACO, J.; CRAVEIRINHA, J. Multicriteria analysis in telecommunication network planning and design – problems and issues. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M.

(Eds.). **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Boston: Springer, 2005. p. 899–951.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CSMP - COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Definitions and Glossary**. Disponível em: <<http://cscmp.org/>>. Acesso em: 09 dez. 2017.

DAUGHERTY, P. J.; AUTRY, C. W.; ELLINGER, A. E. Reverse logistics: the relationship between resource commitment and program performance. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 1, p. 107–123, mar. 2001.

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. 671–679, jun. 2012.

DI SERIO, L. C.; FIGUEIREDO, J. C. Estratégia em clusters empresariais: conceitos e impacto na competitividade. In: DI SERIO, L. C. (Ed.). **Clusters Empresariais no Brasil: casos selecionados**. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 1-18.

DOWLATSHAHI, S. Developing a Theory of Reverse Logistics. **Interfaces**, v. 30, n. 3, p. 143–155, jun. 2000.

DOWLATSHAHI, S. A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 16, p. 3455–3480, ago. 2005.

EASTON, G. Critical realism in case study research. **Industrial Marketing Management**, v. 39, n. 1, p. 118–128, jan. 2010.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532–550, oct. 1989.

EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. Theory building from cases: Opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, v. 50, n. 1, p. 25-32, feb. 2007.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone, 1997.

ELKINGTON, J. Enter the Triple Bottom Line. In: HENRIQUES, A.; RICHARDSON, J. (Eds.). **The triple bottom line, does it all add up? : assessing the sustainability of business and CSR**. New York: Earthscan, 2004. p. 1–16.

EROL, I.; SENCER, S.; SARI, R. A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain. **Ecological Economics**, v. 70, n. 6, p. 1088–1100, apr. 2011.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. Boston: Springer, 2005.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; DEKKER, R.; VAN der LAAN, E.;

VAN NUNEN, J. A. E. E.; VAN WASSENHOVE, L. N. Quantitative models for reverse logistics: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 103, n. 1, p. 1–17, nov. 1997.

FLEISCHMANN, M.; KRIKKE, H. R.; DEKKER, R.; FLAPPER, S. D. P. A characterisation of logistics networks for product recovery. **Omega**, v. 28, p. 653–666, dec. 2000.

FLEISCHMANN, M.; BEULLENS, P.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; WASSENHOVE, L. N. The impact of product recovery on logistics network design. **Production and Operations Management**, v. 10, n. 2, p. 156–173, jun. 2001.

FORMAN, E.; PENIWATI, K. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 108, n. 1, p. 165–169, jul. 1998.

FRANCAS, D.; MINNER, S. Manufacturing network configuration in supply chains with product recovery. **Omega**, v. 37, n. 4, p. 757–769, aug. 2009.

FRANCISCO, G. A.; DIAS, S. L. F.; CARVALHO, T. C. M. DE B. **A cadeia reversa do calçado: uma revisão da literatura com foco no resíduo**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais SIMPOI, 16., 2013. **Anais...** São Paulo: FGVEAESP, 2013. Disponível em: <<http://www.simpoi.fgvsp.br>>.

FREITAS, E. C. DE; BARTH, M. Profissionalização da gestão nas empresas familiares: estagnar ou inovar? **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 3, p. 158-185, set-dez/2011.

FULLER, D. A.; ALLEN, J. Reverse Channel Systems. In: POLONSKY, M. J.; MINTU-WIMSATT, A. T. (Eds.). **Environmental marketing: strategies, practice, theory, and research**. New York: Haworth Press, 1995.

GALDÁMEZ, E. V. C. **Proposta de um Sistema de Medição de Desempenho para Clusters Industriais de Pequenas e Médias Empresas**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-05032008-124613/en.php>>

GARUTI, C. **Measuring Compatibility (Closeness) in Weighted Environments. When Close Really Means Close?** International Symposium on the Analytic Hierarchy Process ISAHP, 2007, Viña del Mar. **Anais...** Pittsburgh: Creative Decisions Foundation, 2007. Disponível em: <<http://isahp.org/2007Proceedings/Papers/Master%20Sessions/Weighted%20Compatibility%20Index.pdf>>

GARUTI, C. E. **New advances of the compatibility index “G” in weighted environments**. International Symposium on Analytic Hierarchy Process ISAHP, 2016, London. **Anais...** Pittsburgh: Creative Decisions Foundation, 2016. Disponível em: <<http://isahp.org/2016Proceedings/Papers/Master%20Sessions/Weighted%20Compatibility%20Index.pdf>>.

GARUTI, C.; SALOMON, V. A. P. Compatibility Indices Between Priority Vectors. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 4, n. 2, p. 152–160, 2012.

GENCHEV, S. E.; RICHEY, R. G.; GABLER, C. B. Evaluating reverse logistics programs: a suggested process formalization. **The International Journal of Logistics Management**, v. 22,

n. 2, p. 242–263, aug. 2011.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F.; LIMA, A. D. Pesquisa em gestão da produção na indústria de calçados: revisão, classificação e análise. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 2, p. 163–186, apr./jun. 2009.

GOVINDAN, K.; KALIYAN, M.; KANNAN, D.; HAQ, A. N. Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics**, v. 147, p. 555–568, jan. 2014.

GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; PALANIAPPAN, M. An analytic network process-based multicriteria decision making model for a reverse supply chain. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, p. 863–880, n. 1-4, sep. 2013.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 3, p. 603–626, jul. 2015.

GUIDOLIN, S. M.; COSTA, A. C. R. da; ROCHA, E. R. P. da. Indústria calçadista e estratégias de fortalecimento da competitividade. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 147-184, mar. 2010.

GUIMARÃES, J. L. da S.; SALOMON, V. A. P. **Avaliação da importância dos indicadores de desempenho da logística reversa na indústria de calçados**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO, 46., 2014, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2014.

GUIMARÃES, J. L. da S.; SALOMON, V. A. P. ANP applied to the evaluation of performance indicators of reverse logistics in footwear industry. In: International Conference on Information Technology and Quantitative Management ITQM, 3., 2015, Rio de Janeiro. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 139–148, 2015a.

GUIMARÃES, J. L. da S.; SALOMON, V. A. P. **A compatibility study of priorities vectors for reverse logistics indicators: a footwear industry case developed in Brazil**. International Conference on Multiple Criteria Decision Making, 23., 2015, Hamburg. **Anais...** Hamburg: International Society on MCDM, 2015b.

GUIMARÃES, J. L. da S.; SALOMON, V. A. P. **Performance of compatibility indices for high n vectors**. International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 2016, London. **Anais...** Pittsburgh: Creative Decisions Foundation, 2016.

GUNASEKARAN, A.; SPALANZANI, A. Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research and applications. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 35–47, nov. 2012.

HALL, D. J.; HUSCROFT, J. R.; HAZEN, B. T.; HANNA, J. B. Reverse logistics goals, metrics, and challenges: perspectives from industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 43, n. 9, p. 768–785, nov. 2013.

HANDFIELD, R. B.; MELNYK, S. A. The scientific theory-building process: a primer using the case of TQM. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 4, p. 321–339, jul. 1998.

HASSINI, E.; SURTI, C.; SEARCY, C. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n.1, p. 69–82, nov. 2012.

HERNÁNDEZ, C. T. **Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações**. 2010. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106428/toledo_hernandez_c_dr_guara.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 ago. 2017.

HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. **Análise da importância dos indicadores de desempenho da logística reversa mediante a utilização do Analytic Network Process**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO, 43., 2011. **Anais...** Ubatuba, SP: SOBRAPO, 2011.

HERVANI, A. A.; HELMS, M. M.; SARKIS, J. Performance measurement for green supply chain management. **Benchmarking: An International Journal**, v. 12, n. 4, p. 330–353, aug. 2005.

HO, G. T. S.; CHOY, K. L.; LAM, C. H. Y.; WONG, D. W. C. Factors influencing implementation of reverse logistics: a survey among Hong Kong businesses. **Measuring Business Excellence**, v. 16, n. 3, p. 29–46, aug. 2012.

HO, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 186, n. 1, p. 211–228, apr. 2008.

HSU, C.-C.; TAN, K. C.; ZAILANI, S. H. M.; JAYARAMAN, V. Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n. 6, p. 656–688, may 2013.

HSUEH, J.-T.; LIN, C.-Y. Constructing a network model to rank the optimal strategy for implementing the sorting process in reverse logistics: case study of photovoltaic industry. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 1, p. 155–174, jan. 2015.

HUANG, S.-M.; SU, J. C. P. Impact of product proliferation on the reverse supply chain. **Omega**, v. 41, n. 3, p. 626–639, jun. 2013.

HUANG, B.; XUE, X. An application analysis of cluster supply chain: a case study of JCH. **Kybernetes**, v. 41, n. 1/2, p. 254–280, mar. 2012.

HUANG, Y.-C.; YANG, M. Reverse logistics innovation, institutional pressures and performance. **Management Research Review**, v. 37, n. 7, p. 615–641, jun. 2014.

HUSCROFT, J. R.; HAZEN, B. T.; HALL, D. J.; HANNA, J. B. Task-technology fit for reverse logistics performance. **International Journal of Logistics Management**, v. 24, n. 2, p. 230–246, aug. 2013a.

HUSCROFT, J. R.; HAZEN, B. T.; HALL, D. J.; SKIPPER, J. B.; HANNA, J. B. Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions. **International Journal of Logistics Management**, v. 24, n. 3, p. 304–327, nov. 2013b.

ILGIN, M. A.; GUPTA, S. M. Environmentally conscious manufacturing and product recovery

(ECMPRO): A review of the state of the art. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 3, p. 563–591, jan.–feb. 2010.

ILGIN, M. A.; GUPTA, S. M.; BATAÏA, O. Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery: State of the art. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, p. 746–758, oct. 2015.

INTERNATIONAL SOCIETY ON MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING (MCDM). **Mission of the Society**. Disponível em: <<http://www.mcdmsociety.org/content/mission-society>>. Acesso em: 15 dec. 2016.

JHARKHARIA, S.; SHANKAR, R. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. **Omega**, v. 35, n. 3, p. 274–289, jun. 2007.

KANNAN, G.; POKHAREL, S.; SASI KUMAR, P. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 1, p. 28–36, nov. 2009.

KAPETANOPOULOU, P.; TAGARAS, G. Drivers and obstacles of product recovery activities in the Greek industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, n. 2, p. 148–166, 8 feb. 2011.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance. **Harvard Business Review**, p. 71–79, jan. 1992.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Using the Balance Scorecard as a Strategic Management System. **Harvard Business Review**, , p. 38–62, jan.-feb. 1996.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management: Part I. **Accounting Horizons**, v. 15, n. 1, p. 87–104, mar. 2001.

LABUSCHAGNE, C.; BRENT, A. C.; CLAASEN, S. J. Environmental and social impact considerations for sustainable project life cycle management in the process industry. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 12, n. 1, p. 38–54, mar. 2005.

LAI, K.-H.; WU, S. J.; WONG, C. W. Y. Did reverse logistics practices hit the triple bottom line of Chinese manufacturers? **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 1, p. 106–117, nov. 2013.

LAMBERT, S.; RIOPEL, D.; ABDUL-KADER, W. A reverse logistics decisions conceptual framework. **Computers & Industrial Engineering**, v. 61, n. 3, p. 561–581, oct. 2011.

LEITE, P. R. **Canais de distribuição reversos: fatores de influência sobre as quantidades recicladas de materiais**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 3., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP, 2000.

LEITE, P. R. **Direcionadores (“Drivers”) estratégicos em programas de logística reversa no brasil**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 9., 2006. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP, 2006.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson

Prentice Hall, 2009.

LINTON, J. D.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chains: An introduction. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 6, p. 1075–1082, nov. 2007.

LIU, C. H.; CHEN, M.-C.; TU, Y.-H.; WANG, C.-C. Constructing a sustainable service business model: An S-D logic-based integrated product service system (IPSS). **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 44, n. 1/2, p. 80–97, mar. 2014.

MADAAN, J.; KUMAR, P.; CHAN, F. T. S. Decision and information interoperability for improving performance of product recovery systems. **Decision Support Systems**, v. 53, n. 3, p. 448–457, jun. 2012.

MANI, V.; AGRAWAL, R.; SHARMA, V. Social sustainability in the supply chain: analysis of enablers. **Management Research Review**, v. 38, n. 9, p. 1016–1042, sep. 2015.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARKUSEN, A. Sticky places in a slippery space: a typology of industrial districts.pdf. **Economic Geography**, v. 72, n. 3, p. 293-313, jul. 1996.

MARTINS, G. de A.; THEÓFILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 45–61.

MASCENA, K. M. C. de; FIGUEIREDO, F. C.; BOAVENTURA, J. M. G. Clusters e APL's: análise bibliométrica das publicações nacionais no período de 2000 a 2011. **Revista de Administração de Empresas - RAE**, v. 53, n. 5, p. 454–468, set.-out. 2013.

MEADE, L. M.; SARKIS, J. Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: An analytical network approach. **International Journal of Production Research**, v. 37, n. 2, p. 241–261, 1999.

MEADE, L. M.; SARKIS, J. A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. **Supply Chain Management: An International Journal**, vol.7, n. 5, p. 283-295, dec. 2002.

MEREDITH, J. Theory Building through Conceptual Methods. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 13, n. 5, p. 3–11, may 1993.

MEREDITH, J. Building operations management theory through case and field research. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 4, p. 441–454, jul. 1998.

MEREDITH, J. R.; RATURI, A.; AMAOKO-GYAMPAH, K.; KAPLAN, B. Alternative research paradigms in operations. **Journal of Operations Management**, v. 8, n. 4, p. 297–326, oct. 1989.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216–229, abr. 2007.

MIGUEL, P. A. C. Adoção do estudo de caso na engenharia de produção. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 129–163.

MITRA, S. Revenue management for remanufactured products. **Omega**, v. 35, n. 5, p. 553–562, oct. 2007.

MONDRAGON, A. E. C.; LALWANI, C.; MONDRAGON, C. E. C. Measures for auditing performance and integration in closed- loop supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 1, p. 43–56, jan. 2011.

MUTHA, A.; POKHAREL, S. Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules. **Computers & Industrial Engineering**, v. 56, n. 1, p. 334–346, feb. 2009.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228–1263, dec. 2005.

NIKOLAOU, I. E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 56, p. 173–184, oct. 2013.

NUDURUPATI, S. S.; BITITCI, U. S.; KUMAR, V.; CHAN, F. T. S. State of the art literature review on performance measurement. **Computers & Industrial Engineering**, v. 60, n. 2, p. 279–290, mar. 2011.

OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; ROCHA, H. M.; SALOMON, V. A. P. The ISO 31000 standard in supply chain risk management. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 616–633, may 2017.

OLUGU, E. U.; WONG, K. Y. An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 1, p. 375–384, jan. 2012.

OLUGU, E. U.; WONG, K. Y.; SHAHAROUN, A. M. Development of key performance measures for the automobile green supply chain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 6, p. 567–579, apr. 2011.

PAKSOY, T.; BEKTAŞ, T.; ÖZCEYLAN, E. Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 47, n. 4, p. 532–546, jul. 2011.

POHLEN, T. L.; FARRIS, M. T. Reverse Logistics in Plastics Recycling. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 22, n. 7, p. 35–47, jul. 1992.

PORTER, M. E. Clusters and the New Economics of Competition. **Harvard Business Review**, November-December, 1998.

- PRAHINSKI, C.; KOCABASOGLU, C. Empirical research opportunities in reverse supply chains. **Omega**, v. 34, n. 6, p. 519–532, dec. 2006.
- PRESLEY, A.; MEADE, L.; SARKIS, J. A strategic sustainability justification methodology for organizational decisions: a reverse logistics illustration. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 18–19, p. 4595–4620, 15 sep. 2007.
- PRIETO, V. C.; Pereira, F. L. A.; Carvalho, M. M. de; Laurindo, F. José B. Fatores críticos na implementação do Balanced Scorecard. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 1, p. 81–92, abr. 2006.
- RABELLOTTI, R. Recovery of a Mexican Cluster: Devaluation Bonanza or Collective Efficiency? **World Development**, v. 27, n. 9, p. 1571–1585, sep. 1999.
- RAVI, V.; SHANKAR, R. Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 8, p. 1011–1029, oct. 2005.
- RAVI, V.; SHANKAR, R. Survey of reverse logistics practices in manufacturing industries: an Indian context. **Benchmarking: An International Journal**, v. 22, n. 5, p. 874–899, jul. 2015.
- RAVI, V.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. **Computers and Industrial Engineering**, v. 48, n. 2, p. 327–356, mar. 2005.
- RAVI, V.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Selection of a reverse logistics project for end-of-life computers: ANP and goal programming approach. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 17, p. 4849–4870, sep. 2008.
- RIVERA, L.; SHEFFI, Y.; KNOPPEN, D. Logistics clusters: The impact of further agglomeration, training and firm size on collaboration and value added services. **International Journal of Production Economics**, v. 179, p. 285–294, sep. 2016.
- ROCHA, R. E. V.; VIANA, F. L. E. Análise da competitividade da Indústria de Calçados da Região Nordeste. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 13., 2006. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: <<http://www.simpep.feb.unesp.br/>>.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. [s.l.] Reverse Logistics Executive Council, 1999.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2, p. 129–148, sep. 2001.
- ROGERS, D. S.; MELAMED, B.; LEMBKE, R. S. Modeling and Analysis of Reverse Logistics. **Journal of Business Logistics**, v. 33, n. 2, p. 107–117, jun. 2012.
- SAATY, T. L. A ratio scale metric and the compatibility of ratio scales: The possibility of arrow's impossibility theorem. **Applied Mathematics Letters**, v. 7, n. 6, p. 45–49, dec. 1994a.
- SAATY, T. L. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 1994b.
- SAATY, T. L. **Decision making with dependence and feedback: The analytic network process**. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 1996.

SAATY, T. L. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**. 2. ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2001.

SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, n. 1, p. 85–91, feb. 2003.

SAATY, T. L. Fundamentals of the analytic network process – dependence and feedback in decision-making with a single network. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 2, p. 129–157, apr. 2004a.

SAATY, T. L. Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1–35, mar. 2004b.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes : Applications to Decisions under Risk. **European Journal of Pure and Applied Mathematics**, v. 1, n. 1, p. 122–196, 2008a.

SAATY, T. L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas**, v. 102, n. 2, p. 251–318, sep. 2008b.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. 3. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2012.

SAATY, T. L.; PENIWATI, K. **Group Decision Making: drawing out and Reconciling Differences**. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2008.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks**. New York, NY: Springer, 2006.

SALGADO, E. G.; SALOMON, V. A. P.; MELLO, C. H. P.; ALVARENGA, R. M. **Tomada de decisão em grupo na priorização de Atividades de desenvolvimento de novos produtos em Empresas médias de eletrônicos**. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional SBPO, 43., 2011, Ubatuba. **Anais...Ubatuba**, SP: Sobrapo, 2011

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. 11. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

SALOMON, V. A. P. Analytic Hierarchy Process. In: MARINS, F. A. S. et al. (Eds.). **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010a. p. 21–39.

SALOMON, V. A. P. **Contribuições para validação de tomada de decisão com múltiplos critérios**. 2010. 68f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010b. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/231814605_Contribuicoes_para_validacao_de_tomada_de_decisao_com_multiplos_criterios>

SARKIS, J. Evaluating environmentally conscious business practices. **European Journal of Operational Research**, v. 107, n. 1, p. 159–174, may 1998.

SARKIS, J.; HELMS, M. M.; HERVANI, A. A. Reverse logistics and social sustainability. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 17, n. 6, p. 337–354, nov./dec. 2010.

SAVASKAN, R. C.; BHATTACHARYA, S.; VAN WASSENHOVE, L. N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing. **Management Science**, v. 50, n. 2, p. 239–252, feb. 2004.

SCHMITZ, H. Collective efficiency and increasing returns. **Cambridge Journal of Economics**, v. 23, n. 4, p. 465–483, jul. 1999.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Santa Catarina. **Critérios de classificação de empresas: MEI - ME – EPP**. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acessado em: Maio/2017.

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M.; SILVA, R. I. **Greening the supply chain: A model for green performance assesment**. International Conference on Production Research ICPR, 22., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: International Foundation for Production Research (IFPR), 2013.

SEURING, S. A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. **Decision Support Systems**, v. 54, n. 4, p. 1513–1520, mar. 2013.

SHAIK, M.; ABDUL- KADER, W. Performance measurement of reverse logistics enterprise: a comprehensive and integrated approach. **Measuring Business Excellence**, v. 16, n. 2, p. 23–34, may 2012.

SHAIK, M. N.; ABDUL-KADER, W. Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. **Computers & Industrial Engineering**, v. 68, p. 87–103, feb. 2014.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SHIUE, Y.-C.; LIN, C.-Y. Applying analytic network process to evaluate the optimal recycling strategy in upstream of solar energy industry. **Energy and Buildings**, v. 54, p. 266–277, nov. 2012.

SHYUR, H. J. COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP. **Applied Mathematics and Computation**, v. 177, n. 1, p. 251–259, jun. 2006.

SILVA, R. I.; HERMANN, F. F.; SELLITTO, M. A.; PEREIRA, G. M.; BORCHARDT, M. Comportamento de cadeias de suprimentos observado em cluster: estudo de caso em uma empresa calçadista. **holos**, v. 29, n. 6, p. 226–240, 2013.

SIPAHI, S.; TIMOR, M. The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. **Management Decision**, v. 48, n. 5, p. 775–808, jun. 2010.

SOLEIMANI, H.; GOVINDAN, K. Reverse logistics network design and planning utilizing conditional value at risk. **European Journal of Operational Research**, v. 237, n. 2, p. 487–497, sep. 2014.

SRIVASTAVA, S. K. Network design for reverse logistics. **Omega-International Journal of**

Management Science, v. 36, n. 4, p. 535–548, aug. 2008.

STOCK, J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs**. 1. ed. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management (CLM), 1998.

SUBRAMANIAN, N.; RAMANATHAN, R. A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. **International Journal of Production Economics**, v. 138, n. 2, p. 215–241, aug. 2012.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. Sistemas Locais de Produção: mapeamento, tipologia e sugestões de políticas. In: Encontro Nacional de Economia, 31., 2003, Porto Seguro. **Anais...Porto Seguro: ANPEC**, 2003.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. Clusters ou sistemas locais de produção: mapeamento, tipologia e sugestões de políticas. **Revista de Economia Política**, v. 24, n. 4, p. 543–562, out./dez. 2004.

TATICCHI, P.; GARENGO, P.; NUDURUPATI, S.S.; TONELLI, F.; PASQUALINO, R. A review of decision-support tools and performance measurement and sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 21, p. 6473-6494, 2015.

THIERRY, M., SALOMON, M., VAN NUNEN, J.; VAN WASSENHOVE, L. Strategic issues in product recovery management. **California Management Review**, v. 37, n. 2, p. 114-135, jun. 1995.

TOLOSSA, N. J.; BESHAN, B.; KITAW, D.; MANGANO, G.; MARCO, A. A review on the integration of supply chain management and industrial cluster. **International Journal of Marketing Studies**, v. 5, n. 6, p. 164–174, dec. 2013.

TRIANAPHYLLOU, E.; SHU, B.; SANCHEZ, S. N.; RAY, T. Multi-criteria decision making: an operations research approach. In: WEBSTER, J. G. (Ed.). **Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1998. p. 175–186.

TRISTÃO, H. M.; OPRIME, P. C.; PIMENTA, M. L. Characteristics of relationships, types and strategies in a Brazilian cluster. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 4, p. 485–502, 2016.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: UNIFEI, 2012. Disponível em: <http://www.marco.eng.br/adm-organizacao-I/Apostila_Metodologia_Completa_2012_%20UNIFEI.pdf>.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n. 1, p. 1–29, feb. 2006.

VIEIRA, E. A.; BARBOSA, A. D. S. Gestão dos resíduos e rejeitos sólidos industriais: a conjuntura dos pólos calçadistas brasileiros. **Revista Monografias Ambientais**, v. 10, n. 10, p. 2318–2325, out./dec. 2012.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219,

feb. 2002.

WADHWA, S.; MADAAN, J.; CHAN, F. T. S. Flexible decision modeling of reverse logistics system: A value adding MCDM approach for alternative selection. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 25, n. 2, p. 460–469, apr. 2009.

WOOD, G. A.; PARR, J. B. Transaction Costs, Agglomeration Economies, and Industrial Location. **Growth & Change**, v. 36, n. 1, p. 1–15, winter 2005.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT - WCED. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. **Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2013. 265 p.

XUE, X.; WEI, Z.; LIU, Z. The impact of service system on the implementation of cluster supply chain. **Service Oriented Computing and Applications**, v. 6, n. 3, p. 215–230, sep. 2012.

YE, F.; ZHAO, X. D.; PRAHINSKI, C.; LI, Y. N. The impact of institutional pressures, top managers' posture and reverse logistics on performance - Evidence from China. **International Journal of Production Economics**, v. 143, n. 1, p. 132–143, may 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K. Green supply chain management implications for “closing the loop”. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 44, n. 1, p. 1–18, jan. 2008.

APÊNDICE A – Protocolo do estudo de caso

Seção A – Visão geral

Pesquisador	José Leonardo da Silveira Guimarães (leonardo.guimaraes@urca.br)
Instituição	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (Doutorado) Linha de Pesquisa: Gestão e Otimização Universidade Estadual Paulista - UNESP Faculdade e Engenharia de Guaratinguetá - FEG
Agência de fomento	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Processo nº 9183/2012
Título da pesquisa	Análise multicritério de indicadores da logística reversa na indústria de calçados de Juazeiro do Norte
Questão da pesquisa	Quais as características da logística reversa no <i>cluster</i> calçadista localizado na cidade de Juazeiro do Norte - CE?
Objetivo da pesquisa	Avaliar atividades relacionadas à LR no cluster calçadista de Juazeiro do Norte - CE.
Contribuições	- Sócio econômico, reforçar o desenvolvimento sustentável; - Ampliar teoria sobre LR com foco em <i>cluster</i> industrial; - Acrescentar estudos à aplicação de análise multicritério da LR.
Método de pesquisa	Estudo de caso múltiplo.
Unidades de estudo	As atividades de LR em empresas do <i>cluster</i> calçadistas de Juazeiro do Norte – CE, fabricantes de calçados de materiais sintéticos, considerando micro, pequenas e média empresas.
Delimitação	Empresas localizadas na cidade de Juazeiro do Norte – CE; Atividades atuais das empresas.

Seção B – Procedimentos de coleta de dados

Acesso às unidades de estudo	Contatar a administração das empresas previamente, momento em que os objetivos da pesquisa e tipo de levantamentos de informações necessários devem ser apresentados. Esclarecer a necessidade de obtenção de informações com representantes da administração de materiais/processo e verificar a possibilidade desse atendimento, assim como a disponibilidade de tempo. Tendo confirmado a participação, deve-se agendar visita.
Instrumentos de coleta de dados	Coleta de dados através de entrevista e observação direta. Para tanto foram elaborados roteiros de entrevista com questões abertas (Apêndice A) para o levantamento de informações junto aos órgãos ambientais e junto às empresas para o levantamento de informações a respeito da estrutura da LR.

	Para avaliar aspectos gerenciais da LR (objetivos e indicadores de desempenho), aplicando o método multicritério ANP e com uso de questionário com questões fechadas (Apêndice B).
Recursos necessários	Notebook ou <i>Tablet</i> com planilha do <i>Microsoft Excel</i> para cálculo da consistência dos julgamentos do método ANP. Questionários impressos (Apêndices A e B). Material informativo com conceitos (Anexo A).
Período do estudo	Meses de fevereiro a julho de 2016, sendo as visitas realizadas de acordo com a disponibilidade dos representantes das empresas. Quando desmarcada uma visita, programar para a data mais próxima possível, de forma a não atrasar em excesso o tempo de conclusão do estudo.
Meios de controle	Importante, para a qualidade das informações garantir que as informações sejam prestadas por representantes das empresas com conhecimento e experiência relacionados às áreas de materiais/processo. Para garantir critérios de avaliação uniformes entre os estudos de caso e, evitar influência do pesquisador, o material do Anexo A deve ser utilizado durante as entrevistas. Para a coerência dos julgamentos na aplicação do método multicritério, o índice de consistência da matriz do AHP é utilizado, sendo isso realizado no momento da entrevista com uso de cálculo com <i>Microsoft Excel</i> .
Sigilo das fontes de informação	Garantir que as identidades tanto das empresas como dos seus representantes serão mantida em sigilo, assim como como qualquer informação que não devam ser divulgadas

Seção C – Questões da coleta de dados

1	Quais os tipos de retorno de materiais existentes? Tipos de operações de retorno de materiais existentes no cluster considerando desde resíduos de processo a materiais de pós-venda e pós-consumo, o tipo de produto fabricado e as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos. Fontes de evidência: entrevista e observação direta.
2	Como são as relações na cadeia de suprimentos do cluster relacionadas aos retornos de materiais? Relações entre parceiros comerciais relacionadas aos retornos de materiais, as características relacionadas à aglomeração que influenciam a forma de retorno de materiais ou viabilizam estes. Fontes de evidência: entrevista e observação direta.
3	Como são as características gerenciais relacionadas aos fluxos reversos de materiais no cluster? Os aspectos gerenciais relacionados ao retorno, em especial com respeito a objetivos e indicadores de desempenho. Fonte de evidência: entrevista
4	- Quais as diferenças entre resultados obtidos nas unidades pesquisadas e em relação à literatura? Fonte de evidência: entrevista e literatura.

APÊNDICE B – Roteiros de entrevista

Entrevista junto aos órgãos ambientais.

Levantamento de informações sobre a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/10 e, logística reversa relacionada ao setor calçadista do cariri – CE.

1. Quanto à implantação da PNRS no cariri – CE.
 - 1.1. Qual a atual fase de implantação da PNRS na região do Cariri – CE?
 - 1.2. Com a implantação da PNRS, quais exigências têm maior impacto no funcionamento das empresas?
 - 1.3. Quais os benefícios/incentivos para as empresas para o atendimento aos critérios da PNRS? (Taxas/impostos, obtenção de financiamentos entre outras.).
 - 1.4. Quais as mudanças com a implantação da PNRS quanto ao licenciamento e controle em relação às atividades empresarias?
 - 1.5. Considerando as características dos resíduos sólidos e o volume gerado destes, quais os setores produtivos da região do cariri-CE que exigem maior atenção?
 - 1.6. Quanto ao artigo 9º, que estabelece a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Qual a atual situação do cumprimento desse critério?

2. Logística reversa/ setor calçadista do cariri – CE.
 - 2.1. Qual o impacto que os resíduos da atividade calçadista podem causar em relação ao meio ambiente? Considerando as características e o volume dos resíduos gerados.
 - 2.2. Quanto ao art. 3º, inciso XII (logística reversa).

Qual a atual fase de implantação de práticas de logística reversa? Considerando:

 - A adoção formalizada de atividades de logística reversa pelas empresas;
 - Qual o nível de reciclagem dos materiais utilizados pelas indústrias;
 - Quanto a destinação final ambientalmente adequada. Qual a forma de eliminação dos resíduos não utilizados?
 - Qual o efeito dessas práticas em termos sociais, econômicos e ambientais?
 - 2.3. Que parâmetros de controle em relação aos resíduos sólidos são exigidos que as empresas mantenham?

Entrevistas junto às empresas

Perguntas gerais

1. Existem procedimentos de retorno definidos?
2. É quantificado o retorno?
3. Existem procedimentos de destino definidos?
4. Existem prioridades definidas para o retorno?
5. Há terceiros contratados para o retorno?
6. Existem áreas funcionais definidas para atender o retorno?
7. Existe um sistema de informação definido para o retorno?

Características da LR no cluster calçadista

- Clientes

Localização?

Motivos de retorno (garantia, qualidade, prazo de validade, excesso de estoque entre outras.)?

Destino do material de pós consumo?

Atividades de coleta, seleção, classificação, tratamento?

- Fornecedores

Localização?

Materiais?

Retorno de resíduos?

PNRS e as relações de retorno de material na cadeia produtiva

Plano de gestão de resíduos sólidos?

Destino dos resíduos do processo produtivo?

Modelo ANP

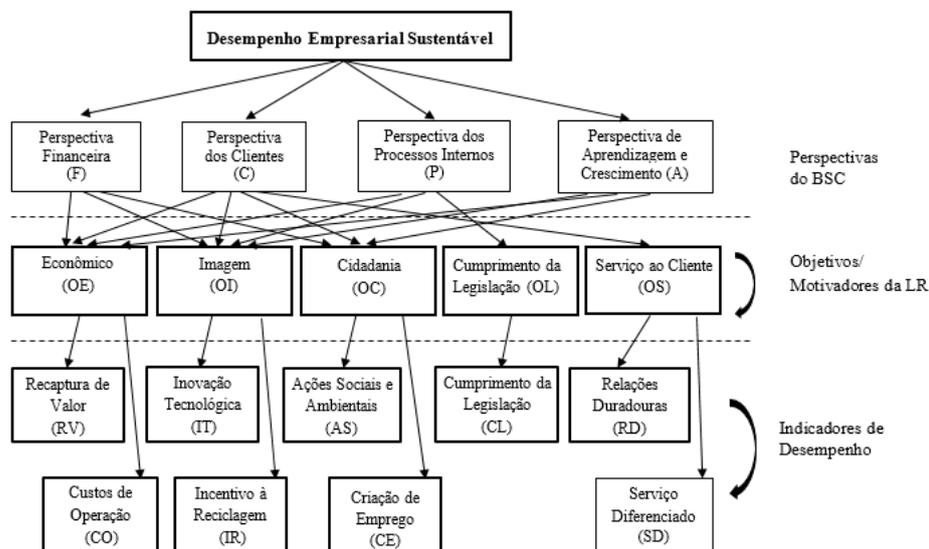
Métricas a serem sugeridas?

APÊNDICE C – Material para aplicação do método multicritério

1. Modelo de análise da ordem de prioridade dos indicadores de desempenho da LR

1.1 Modelo hierárquico a ser utilizado

Figura A1 – Estrutura hierárquica do modelo de análise multicritério



1.2 Método de análise

O método de análise utilizado é o Analytic Network Process (ANP), devido a existência de interdependências/influências entre elementos dentro de um mesmo nível na hierarquia, o que é indicado na Figura 1 pela seta curva nos níveis dos Objetivos e dos Indicadores de LR.

Para a comparação dos elementos utiliza-se a escala fundamental mostrada no Quadro A1. A Matriz A1 mostra um exemplo de comparações.

Quadro A1 - Escala de valores para a comparação por pares no método

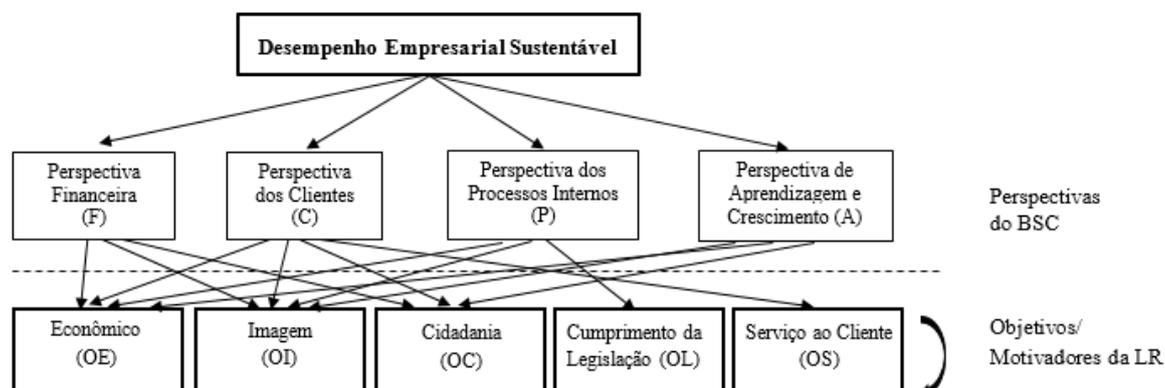
Valor	Definição
1	Igual importância entre os elementos i e j
3	Fraca importância de um elemento sobre o outro
5	Forte importância
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes

Matriz A1 - Julgamento dos Objetivos da LR com respeito ao critério financeiro.

Alternativas	OE	OC	OI	Vetor decisão
Objetivos econômicos (OE)	1	7	3	0,65372
Objetivos de cidadania (OC)		1	1/5**	0,07243
Objetivos de imagem (OI)			1	0,27385

** Fração indica que o elemento da coluna é mais importante que o da linha.

1. 1º NÍVEL DE ANÁLISE



Quadro A2 - Indicadores de desempenho empresarial relacionados com a LR.

Perspectivas do BSC	Indicadores de desempenho empresarial
Financeira (F)	Indicadores econômico-financeiros tradicionais Valor ao acionista Acesso ao capital
Clientes (C)	Retenção de clientes Valor de marca e reputação
Processos internos (P)	Eficiência operacional Inovação
Aprendizado e crescimento (A)	Crescimento profissional Produtividade dos recursos humanos

Fonte: Hernández (2010).

1.1 Objetivos/direcionadores de LR com respeito aos indicadores do BSC

Matriz 1 - Julgamento dos objetivos de LR com respeito aos indicadores do critério financeiro.

Alternativas	OE	OC	OI	Vetor decisão
Objetivos econômicos (OE)	1			
Objetivos de cidadania (OC)		1		
Objetivos de imagem (OI)			1	

Matriz 2 - Julgamento dos objetivos de LR com respeito aos indicadores do critério dos processos internos.

Alternativas	OE	OL	OI	Vetor decisão
Objetivos econômicos (OE)	1			
Objetivos cumprimento da legislação (OL)		1		
Objetivos de imagem (OI)			1	

Matriz 3 - Julgamento dos objetivos de LR com respeito aos indicadores do critério dos clientes.

Alternativas	OS	OI	OC	OE	Vetor Decisão
Objetivos de serviço ao cliente (OS)	1				
Objetivos de imagem (OI)		1			
Objetivos de cidadania (OC)			1		
Objetivos econômicos (OE)				1	

Matriz 4 - Julgamento dos Objetivos de LR com respeito aos indicadores do critério de aprendizado e crescimento.

Alternativas	OE	OC	OI	Vetor decisão
Objetivos econômicos (OE)	1			
Objetivos de cidadania (OC)		1		
Objetivos de imagem (OI)			1	

1.2 relações entre objetivos /direcionadores

Matriz 5 - Julgamento dos objetivos de LR relacionados com o objetivo cidadania.

Alternativas	OC	OI	Vetor de decisão
Objetivos de cidadania (OC)	1		
Objetivos de imagem (OI)		1	

Matriz 6 - Julgamento dos objetivos de LR relacionados com o objetivo econômico.

Alternativas	OE	OI	Vetor de decisão
Objetivos econômicos (OE)	1		
Objetivos de imagem (OI)		1	

Matriz - Julgamento dos objetivos de LR relacionados com o objetivo de imagem.

Alternativas	OI	OE	OS	Vetor de decisão
Objetivos de imagem (OI)	1			
Objetivos econômicos (OE)		1		
Objetivos de serviço ao cliente (OS)			1	

Matriz 8 - Julgamento dos objetivos de LR relacionados com o objetivo cumprimento da legislação.

Alternativas	OL	OI	OE	Vetor de decisão
Objetivos legal (PL)	1			
Objetivos de imagem (PI)		1		
Objetivos econômicos (PE)			1	

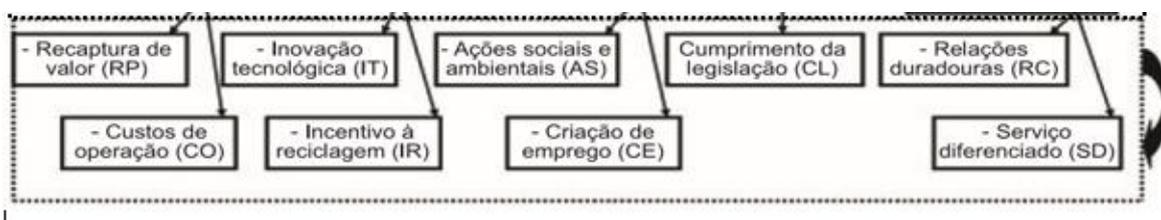
Matriz 9 - Julgamento dos objetivos de LR relacionados com o objetivo de serviço ao cliente.

Alternativas	OS	OI	PE	Vetor de decisão
Objetivos de serviço ao cliente (OS)	1			
Objetivos de imagem (OI)		1		
Objetivos econômicos (PE)			1	

2. 2ª NÍVEL DA ANÁLISE

2.1 Indicadores de LR (relações entre indicadores)

Quanto um indicador de LR é influenciado, ou influencia os outros?



Matriz 10 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador AS.

Alternativas	AS	CE	RD	Vetor de decisão
Ações sociais e ambientais (AS)	1			
Criação de emprego (CE)		1		
Relações duradouras (RD)			1	

Matriz 11 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador CE.

Alternativas	CE	AS	RV	Vetor de decisão
Criação de emprego (CE)	1			
Ações sociais e ambientais (AS)		1		
Recaptura de valor (RV)			1	

Matriz 12 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador CL.

Alternativas	CL	CO	IT	Vetor de decisão
Cumprimento da legislação (CL)	1			
Custos de operação (CO)		1		
Inovação tecnológica (IT)			1	

Matriz 13 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador CO.

Alternativas	CO	IT	AS	CL	Vetor de decisão
Custos de operação (CO)	1				
Inovação tecnológica (IT)		1			
Ações sociais e ambientais (AS)			1		
Cumprimento da legislação (CL)				1	

Matriz 14 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador IR.

Alternativas	IR	AS	CE	Vetor de decisão
Incentivo à reciclagem (IR)	1			
Ações sociais e ambientais (AS)		1		
Criação de emprego (CE)			1	

Matriz 15 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador IT.

Alternativas	IT	RV	CO	CL	Vetor de decisão
Inovação tecnológica (IT)	1				
Recaptação de valor (RV)		1			
Custos de operação (CO)			1		
Cumprimento da legislação (CL)				1	

Matriz 16 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador RD.

Alternativas	RC	SD	IR	Vetor de decisão
Relações duradouras (RD)	1			
Serviço diferenciado (SD)		1		
Incentivo à reciclagem (IR)			1	

Matriz 17 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador RP.

Alternativas	RV	CO	AS	Vetor de decisão
Recaptura de valor (RV)	1			
Custos de operação (CO)		1		
Ações sociais e ambientais (AS)			1	

Matriz 18 - Julgamentos dos indicadores de LR com respeito ao indicador SD.

Alternativas	SD	RC	Vetor de decisão
Serviço diferenciado (SD)	1		
Relações duradouras (RC)		1	

2.2 Avaliação dos indicadores de LR com respeito aos objetivos/direcionadores.

Matriz 19 - Com respeito ao objetivo/direcionador Econômico (PE)

Recaptura de valor (RP)	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Custos de operação (CO)
--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

Matriz 20 - Com respeito ao objetivo/direcionador de Imagem (PI)

Inovação tecnológica (IT)	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Incentivo a reciclagem (IR)
----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

Matriz 21 - Com respeito ao objetivo/direcionador de Cidadania. (PC)

Ações sociais e ambientais (AS)	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Criação de emprego (CE)
--	-----------------------------------	--------------------------------

Matriz 22 - Com respeito ao objetivo/direcionador de Serviço ao Cliente (PS)

Relações duradouras (RC)	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Serviços diferenciados (SD)
---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

APÊNDICE D – Relatório do resultado das entrevistas

QUESTÕES RESPONDIDAS PELOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS

1. Quanto à implantação da PNRS no cariri – CE.

1.1. Qual a atual fase de implantação da PNRS na região do Cariri – CE?

Resposta: Gestão de resíduos sólidos industriais, por meio da execução dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) que podem ser individuais e coletivos.

1.2. Com a implantação da PNRS, quais exigências têm maior impacto no funcionamento das empresas?

Resposta: Cumprimento do PGRS, pois é exigido o controle dos resíduos pelas empresas, o que é fiscalizado pelos órgãos responsáveis.

1.3. Quais os benefícios/incentivos para as empresas para o atendimento aos critérios da PNRS? (Taxas/impostos, obtenção de financiamentos entre outras.).

Resposta: Não há incentivos na prática, linhas de financiamento e desoneração são políticas ainda não adotadas.

1.4. Quais as mudanças com a implantação da PNRS quanto ao licenciamento e controle em relação às atividades empresariais?

Resposta: Obrigatoriedade do controle de acordo com o PGRS apresentado pela empresa.

1.5. Considerando as características dos resíduos sólidos e o volume gerado destes, quais os setores produtivos da região do cariri-CE que exigem maior atenção?

Resposta: Ouro, curtume e metalurgia (tratamentos superficiais) por trabalharem com metais pesados. Calçados e confecções, devido ao volume de resíduos gerados.

1.6. Quanto ao artigo 9º, que estabelece a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Qual a atual situação do cumprimento desse critério?

Resposta: Obrigatório na gestão dos resíduos.

2. Logística reversa/ setor calçadista do cariri – CE.

2.1. Qual o impacto que os resíduos da atividade calçadista podem causar em relação ao meio ambiente? Considerando as características e o volume dos resíduos gerados.

Resposta: Resíduos de materiais perigosos usados (embalagens de cola, solvente), volume de resíduos de couro e borracha.

2.2. Quanto ao art. 3º, inciso XII (logística reversa).

Qual a atual fase de implantação de práticas de logística reversa? Considerando:

- A adoção formalizada de atividades de logística reversa pelas empresas;

Resposta: Não exigido para calçados. Apenas o PGRS.

- Qual o nível de reciclagem dos materiais utilizados pelas indústrias;

Resposta: Alto nível de reciclagem dos resíduos de calçados de materiais sintéticos.

- Quanto a destinação final ambientalmente adequada. Qual a forma de eliminação dos resíduos não utilizados?

Resposta: Incineração (aparas de EVA geralmente em cores, resíduos e embalagens de materiais químicos, cola, solvente), aterro.

- Qual o efeito dessas práticas em termos sociais, econômicos e ambientais?

Resposta: Há efeitos nas três dimensões.

2.3. Que parâmetros de controle em relação aos resíduos sólidos são exigidos que as empresas mantenham?

Resposta: Índices de controle de resíduos gerados estabelecidos no PGRS.

Questões respondidas nas empresas

PERGUNTAS GERAIS

1. Existem procedimentos de retorno definidos?
 - Todas as empresas afirmaram que há procedimentos de retorno definidos, existindo tais fluxos por algum problema de qualidade (embora de uma forma geral afirmem que é uma pequena quantidade), ou apenas por motivo de reciclagem. Também foi enfatizado o retorno para fornecedores.
2. É quantificado o retorno?
 - Todas responderam que as quantidades são registradas. Há também exigências da PNRS sobre registro das quantidades dos resíduos.
3. Existem procedimentos de destino definidos?
 - Sim, todas as empresas afirmaram. Há fornecedores de matéria prima que recebem os resíduos dos clientes, como também há exigências da PNRS sobre destino adequado.
4. Existem prioridades definidas para o retorno?
 - Todas as empresas afirmaram que sim. Motivos são atendimento a clientes, PNRS, assim questões econômicas.
5. Há terceiros contratados para o retorno?
 - Todas as empresas afirmaram que há fornecedores de resíduos para reciclagem que cumprem com o papel de coleta em pontos de venda.
6. Existem áreas funcionais definidas para atender o retorno?
 - Todas as empresas afirmaram que sim, o que foi observado nas visitas realizadas.
7. Existe um sistema de informação definido para o retorno?
 - Existem, para apuração de quantidades, e para controle de resíduos relacionado à PNRS.

CARACTERÍSTICAS DA LR NO CLUSTER CALÇADISTA

1. Clientes

Localização?

- Uma empresa possui clientes na região Nordeste, duas também em outras regiões do Brasil.

Motivos de retorno (garantia, qualidade, prazo de validade, excesso de estoque entre outras.)?

- Garantia, qualidade são motivos de retorno diretamente a empresa. Materiais não vendidos são coletados por empresas produtoras de matéria prima, ou que fornecem resíduos para reciclagem.

Destino do material de pós consumo?

- Produtos de pós consumo são descartados pelo consumidor, podem ser reciclados, embora as empresas afirmem que não utilizam tais materiais que é classificado como “Lixão”.

Atividades de coleta, seleção, classificação, tratamento?

- Os materiais com problemas de qualidade/garantia podem retornar diretamente as empresas. Demais operações de retorno são realizadas por empresas que adquirem os materiais para tratamento, e que retornam ao ciclo produtivo para reciclagem.

2. Fornecedores

Localização?

- Há fornecedores locais, no Estado do Ceará e regiões Norte e Nordeste.

Materiais?

- EVA, PVC e SBR.

Retorno de resíduos?

- Em duas empresas há retorno de resíduos para os fornecedores.

3. PNRS e as relações de retorno de material na cadeia produtiva

Plano de gestão de resíduos sólidos?

Destino dos resíduos do processo produtivo?

- Há plano de gestão de resíduos integrado com fornecedores. Além de resíduos de matérias primas, resíduos e embalagens de materiais de processo também retornam aos fornecedores. Resíduos, que não sejam recicláveis também são encaminhados para incineração. Um importante fator considerado pelas empresas, tanto quanto aos resíduos dos processos como retornos de resíduos a serem reciclados para reciclagem, é a redução de custos.

4. Modelo ANP

Métricas a serem sugeridas?

- As características do modelo foram consideradas abrangentes, não houve sugestão.

APÊNDICE E – Agregação dos julgamentos pelo método AIJ

AIJ 1

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	7	7	6,26	0,053
1;3	3	3	5	3,56	
2;3	1/3	1/5	1/3	0,28	

AIJ 2

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	7	6	5,94	0,059
1;3	4	6	3	4,16	
2;3	1/3	1/3	1/3	0,33	

AIJ 3

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	3	4	3	3,30	0,010
1;3	5	6	5	5,31	
1;4	4	4	1	2,52	
2;3	2	3	3	2,62	
2;4	2	1	1/3	0,87	
3;4	1/2	1/3	1/5	0,32	

AIJ 4

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	5	5	5,00	0,018
1;3	3	3	3	3,00	
2;3	1/2	1/4	1/2	0,40	

AIJ 5

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	4	1/3	6	2,00	-

AIJ 6

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	6	7	4	5,52	-

AIJ 7

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	3	2	1,82	0,010
1;3	5	5	3	4,22	
2;3	5	2	3	3,11	

AIJ 8

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	4	6	1	2,88	0,002
1;3	6	4	1	2,88	
2;3	3	1/2	1	1,14	

AIJ 9

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	6	3	4,48	0,002
1;3	9	7	4	6,32	
2;3	2	1	2	1,59	

AIJ 10

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	1	1	1,00	0,000
1;3	3	4	1/5	1,34	
2;3	3	4	1/5	1,34	

AIJ 11

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	4	5	1	2,71	0,009
1;3	4	3	1/3	1,59	
2;3	1	1/4	1/3	0,44	

AIJ 12

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	3	6	5	4,48	0,000
1;3	6	3	2	3,30	
2;3	2	1/2	1/3	0,69	

AIJ 13

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	4	3	3,91	0,012
1;3	5	6	7	5,94	
1;4	2	3	5	3,11	
2;3	1	2	5	2,15	
2;4	2	1/2	2	1,26	
3;4	1/2	1/3	1/2	0,44	

AIJ 14

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	5	3	1	2,47	0,002
1;3	5	4	1	2,71	
2;3	1	2	1	1,26	

AIJ 15

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	2	3	3	2,62	0,016
1;3	3	2	1	1,82	
1;4	3	4	3	3,30	
2;3	1/2	1/2	1/3	0,44	
2;4	1	2	3	1,82	
3;4	1	3	4	2,29	

AIJ 16

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	3	3	2,08	0,000
1;3	4	5	3	3,91	
2;3	4	2	1	2,00	

AIJ 17

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	2	2	1/4	1,00	0,002
1;3	4	5	3	3,91	
2;3	2	3	7	3,48	

AIJ 18

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	4	3	1/5	1,34	-

AIJ 19

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	3	1/5	0,84	-

AIJ 20

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	1	6	1,82	-

AIJ 21

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	1/3	1/4	0,44	-

AIJ 22

Par	Unidades			Média Geométrica	CR
	1	2	3		
1;2	1	1/3	5	1,19	-

APÊNDICE F – O cálculo dos índices de compatibilidade

1. O cálculo do índice de compatibilidade de Saaty. O índice proposto por Salomon utiliza esse procedimento com vetores ordinais.

$$S = \frac{1}{n} e^T W \circ U^T e$$

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_n) \text{ e } U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$$

$$e^T = (1, 1, \dots, 1)$$

O produto *Hadamard*, diferente do produto de matrizes convencional, é o produto dos valores correspondentes nas duas matrizes.

Saaty, utiliza as matrizes de decisão do AHP (com as escalas de razão) correspondentes aos vetores de decisão. Como é calculado o produto *Hadamard* de uma matriz pela ‘transposta’ da outra, se as matrizes são iguais, os valores serão multiplicados pelos respectivos recíprocos obtendo-se neste caso:

$$\frac{x_1}{x_2} * \frac{x_2}{x_1} = 1, \quad \frac{x_1}{x_n} * \frac{x_n}{x_1} = 1, \quad \frac{x_2}{x_n} * \frac{x_n}{x_2} = 1, \text{ e assim por diante.}$$

$$S = (1/n^2) \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1/x_1 & x_1/x_2 & \dots & x_1/x_n \\ x_2/x_1 & x_2/x_2 & \dots & x_2/x_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n/x_1 & x_n/x_2 & \dots & x_n/x_n \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} x_1/x_1 & x_2/x_1 & \dots & x_n/x_1 \\ x_1/x_2 & x_2/x_2 & \dots & x_n/x_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1/x_n & x_2/x_n & \dots & x_n/x_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} =$$

A multiplicação com o vetor linha e o vetor coluna (e^T e e) é feita para realizar a soma de todos os elementos da matriz resultante do produto *Hadamard*. Esse valor é então dividido por n^2 , que é o valor mínimo dessa soma (quando os vetores são iguais).

$$= (1/n^2) \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} = (1/n^2) (1 + 1 + \dots + 1) = (1/n^2) (n^2) = 1$$

Quando há diferença entre os vetores, é considerado um desvio de até 10%, ou seja 1,1 como limite para que haja semelhança entre os mesmos.

Se os vetores são W e U , os produtos para a matriz *Hadamard* são:

$$\frac{W_1}{W_2} * \frac{U_2}{U_1}, \quad \frac{W_1}{W_n} * \frac{U_n}{U_1}, \quad \frac{W_2}{W_n} * \frac{U_n}{U_2}, \quad \text{e assim por diante.}$$

2. O cálculo do índice de compatibilidade de Garuti,

Garuti propõe um procedimento para avaliar a aproximação entre os vetores com base no conceito de produto interno, utilizando a fórmula:

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(w_i + u_i)}{2} \frac{\min(w_i; u_i)}{\max(w_i; u_i)} \right] = \frac{1}{n} \left[\frac{(w_1 + u_1)}{2} \frac{\min(w_1; u_1)}{\max(w_1; u_1)} + \frac{(w_2 + u_2)}{2} \frac{\min(w_2; u_2)}{\max(w_2; u_2)} + \dots + \frac{(w_2 + u_2)}{2} \frac{\min(w_2; u_2)}{\max(w_2; u_2)} \right]$$

ANEXO A – Material utilizado para orientar nos julgamentos

1. Perspectivas estratégicas

As perspectivas estratégicas apresentadas no modelo são as quatro perspectivas do Balanced Scorecard (BSC), ferramenta desenvolvida por Kaplan e Norton (1992), inicialmente como uma solução para o problema de se avaliar desempenho. Posteriormente, ficou comprovado que é um instrumento de gestão estratégica que permite implementar e formular estratégias, unindo os conceitos de gestão estratégica e avaliação do desempenho, se destacando como um sistema de gerenciamento pela sua capacidade de operacionalizar a estratégia da empresa de forma integrada com a sua missão, metas e objetivos de cada área funcional (KAPLAN; NORTON, 2001).

O BSC foi concebido sob quatro pilares ou perspectivas, como mostra o Quadro AN1, que apresenta a relação com a LR.

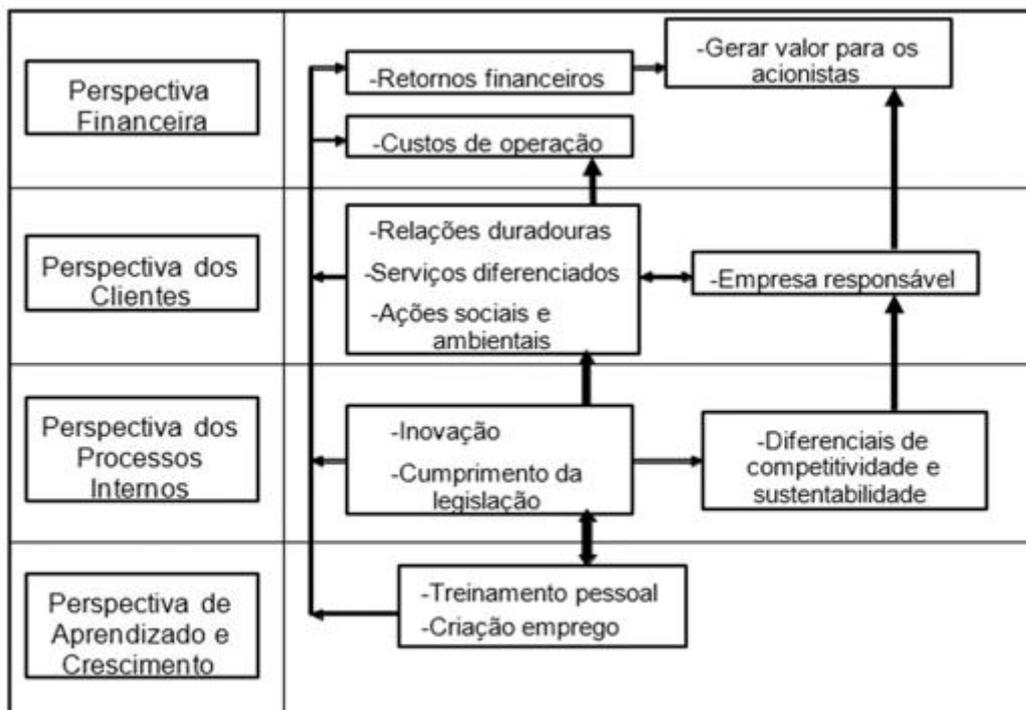
Quadro AN1 – Perspectivas do BSC e relação com a LR

Perspectiva do BSC	Relação com a LR
1. Financeira	<ul style="list-style-type: none"> - Retorno sobre investimento e o valor econômico agregado (tradicionais); - Recaptura de valor dos materiais retornados; - Criação de valor aos acionistas; - Acesso a capital; obtenção de recursos financeiros; - Contribui para o aprimoramento das atividades além de trazer benefícios para clientes, fornecedores e acionistas, e proporcionando vantagem competitiva e aumento de rentabilidade.
2. Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da competitividade, permite a diferenciação por serviços prestados, relacionamento com o consumidor após a compra, preservação ambiental, reputação da empresa, ganho de imagem corporativa; - Indicadores: participação de mercado, retenção de clientes, captação de clientes, satisfação de clientes e lucratividade de clientes.
3. Processos internos	<ul style="list-style-type: none"> - Processos básicos: Processos de inovação; Processos operacionais; Processos de gerenciamento do cliente e; Processos reguladores & ambientais. - A LR está relacionada com estes quatro processos quando se busca ampliar os negócios, aumentar valor observado pelo cliente, excelência operacional e, cidadania.
4. aprendizado e crescimento	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade dos funcionários, dos sistemas de informação e motivação. - Inovação e gestão das pessoas demonstram a capacidade da empresa de reter talentos humanos, aspecto este fundamental para medir indicadores de desempenho intangíveis (associados com o conhecimento, capital intelectual e humano). - Políticas de LR requerem recursos humanos capacitados e treinados para essa atividade, bem como o conhecimento de novas tecnologias; portanto, precisa-se investir de forma estratégica nesta área.

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)

A Figura AN1 apresenta a relação entre indicadores da logística reversa considerados para as quatro perspectivas do BSC.

Figura AN1 - Relação entre indicadores da logística considerados para as perspectivas do BSC



Fonte: Hernández (2010)

2. Direcionadores (ou motivadores)

Os direcionadores (ou motivadores) da logística reversa podem ser melhor compreendidos observando-se as características apresentadas no Quadro AN2.

Quadro AN2 - Direcionadores estratégicos na logística reversa

Direcionador do programa de logística reversa	Definição operacional dos direcionadores: indicadores utilizados como critério de classificação dos programas analisados.
Econômico (E)	Indicador principal: O programa visa algum tipo de lucro. E1) Revenda com ou sem conserto; E2) Reutilização do produto; E3) Reutilização de embalagem; E4) Reutilização de componentes; E5) Reutilização de materiais constituintes; E6) Recuperação de valor econômico pela remanufatura; E7) Recuperação de valor econômico de ativos empresariais; E8) Aumento das áreas de lojas e de armazenagens.
Serviço ao cliente (S)	Indicador principal: O programa visa diferenciar a empresa pelo serviço prestado. S1) Reparo e consertos como diferencial de venda; S2) Serviço de garantia de pós-venda por meio de trocas de produtos, reparos e consertos de produtos não consumidos; S3) Garantia de continuidade de serviços prestados.
Legal (L)	Indicador principal: O programa é realizado por força de lei existente. L1) Legislação responsabiliza o setor ou as empresas da cadeia direta de suprimentos; L2) Legislação que obriga a empresa à recepção dos produtos retornados pelos consumidores; L3) Legislação que regulamenta descarte de produtos fora da validade.

Quadro AN2 - Direcionadores estratégicos na logística reversa

(Continuação)

Cidadania corporativa (C)	Indicador principal: O programa visa responder a algum tipo de solicitação social. C1) Exercício voluntário de responsabilidade empresarial relativo ao meio ambiente; C2) Redução do impacto causado pelos produtos fabricados no meio ambiente; C3) Garantia de passivos ambientais de certificação
Imagem corporativa (I)	Indicador principal I: O programa visa proteger ou reforçar a imagem empresarial. I 1) Uso de propaganda institucional; I 2) Seleção de destino adequado aos bens retornados; I 3) Preservar imagem de empresa organizada e responsável.

Fonte: Adaptado de Leite (2006).

3. Indicadores de desempenho estratégicos da logística reversa

Indicadores ou métricas são importantes para avaliar desempenho com respeito a objetivos definidos, como também para definir estratégias. Os indicadores e métricas são elementos chave para permitir gerenciamento, documentação e melhoria de desempenho. As métricas de LR variam em número e tipo em função das estratégias da organização e dos indicadores de desempenho de LR selecionados. Correspondem ao esforço necessário para o funcionamento do modelo de gerenciamento.

O Quadro AN3 apresenta, para os objetivos da LR, indicadores de desempenho e medidas mais usadas, identificadas em estudo com vários tipos de empresas brasileiras.

QUADRO AN3 – Objetivos, indicadores e métricas da LR

Objetivos de LR	Indicadores	Medidas de desempenho
Econômicos (OE)	Recaptação de valor (RV)	- Quantidade de material reciclado; - Porcentagem de embalagens retornadas; - Porcentagem de embalagens recicladas e/ou recuperadas; - Volume de produtos retornados; - Motivo dos retornos; - Valor recuperado por reprocesso e revenda de produtos.
	Custos de operação (CO)	- Despesas com desenvolvimento de novas tecnologias que permitam a reciclagem; - Despesas com treinamento de funcionários para desenvolver novas tecnologias e operar o canal reverso; - Valor pago em multas por não cumprimento da lei - Valor aplicado em ações sociais (internas e externas) relacionadas com o meio ambiente e a reciclagem.
Imagem (OI)	Inovação tecnológica (IT)	- Número de inovações para proteger o meio ambiente (projetos relacionados com a LR); - Número de projetos visando à minimização da entrada e saída de materiais.
	Incentivo à reciclagem (IR)	- Número de programas que incentivam a reciclagem; - Tipo de propaganda utilizada.

QUADRO AN3 – Objetivos, indicadores e métricas da LR

(Continuação)

Cidadania. (OC)	Ações sociais e ambientais (AS)	- Número de projetos sociais e educacionais de atividades de LR envolvendo a comunidade; - Número de reclamações relacionadas ao impacto da empresa junto à comunidade.
	Criação de empregos (CE)	- Número de funcionários beneficiados com programas de treinamento nas atividades de LR; - Número de pessoas envolvidas nas campanhas e projetos sociais; - Números de pessoas empregadas no canal reverso.
Serviço ao Cliente (OS)	Relações duradouras (RD)	- Relações com trabalhadores terceirizados; - Apoio ao desenvolvimento de fornecedores preocupados com os problemas do meio ambiente; - Número de reclamações resolvidas mediante o diálogo com as partes interessadas na cadeia reversa.
	Serviços diferenciados (SD)	- Existência de políticas liberais para a troca (número de reclamações por políticas não cumpridas).
Cumprimento da Legislação (OL)	Cumprimento da legislação (CL)	- Número de autuações ou multas por violação da legislação.

Fonte: Adaptado de Hernández (2010)