

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Bruno Miranda dos Santos

**CADEIA DE SUPRIMENTOS: AVALIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES VERDES EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO**

Santa Maria, RS
2018

**Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da
Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.**

Miranda, Bruno Miranda dos Santos

CADEIA DE SUPRIMENTOS: AVALIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES VERDES EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO / Bruno Miranda
dos Santos - 2018. 93 p.; 30 cm

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Leoni Pentiado Godoy

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2018

1. Gestão da cadeia de suprimentos verdes 2. Hospital universitário 3.
Fornecedores verdes 4. Sustentabilidade 5. Métodos de tomada de decisão multicritério I.
Godoy, Prof^ª. Dr^ª. Leoni Pentiado Godoy II. Título.

©2018

Todos os direitos reservados a Bruno Miranda dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

Endereço: Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900

E-mail: brmiranda10@gmail.com

Bruno Miranda dos Santos

CADEIA DE SUPRIMENTOS: AVALIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Linha de Pesquisa em Gestão Integrada, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Leoni Pentiado Godoy

Santa Maria, RS, Brasil
2018

Bruno Miranda dos Santos

CADEIA DE SUPRIMENTOS: AVALIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, na Linha de Pesquisa em Gestão Integrada, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Aprovado em 23 de Janeiro de 2018:

Leoni Pentiado Godoy, Dra. (UFSM)
Presidente/Orientadora

Angela Pellegrin Ansuji, Dra. (UFSM)

Antônio Vanderlei dos Santos, Dr. (URI) - Parecer

Mario Luiz Santos Evangelista, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

*"Toda pessoa deve ser aplaudida de pé pelo menos uma vez na vida, porque todos nós vencemos o mundo." Meus aplausos, **Pai** (in memoriam) e **Mãe**.*

AGRADECIMENTOS

Desafio tão grande quanto escrever esta Dissertação, foi resumir em poucas palavras a gratidão as pessoas que fizeram parte desta minha trajetória de 2 anos de Mestrado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer a Deus, por me dar sabedoria para tomar as decisões corretas e consciência para me redimir dos meus erros e me tornar uma pessoa cada vez melhor. Também, por colocar pessoas especiais no meu caminho e que contribuíram de alguma forma para que eu atingisse esse objetivo.

Desejo igualmente agradecer a minha família, meus pais, por sempre me apoiarem e acreditarem que a educação é a base para uma sociedade mais justa, aos meus irmãos, pelo apoio incondicional, direto ou indiretamente. Uma pessoa, em especial, que sempre acreditou e me deu força para continuar, Vanessa, o meu agradecimento de coração.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Leoni Godoy, por ter me recebido tão bem quando voltei para Santa Maria e pelo auxílio neste trabalho. Aos colegas do Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Produção (NUPEP): Cyro, Wagner, Alexandre, Murilo e Jovani pela parceria que deu certo e que rendeu diversos trabalhos. Aos meus colegas do Mestrado, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos. Alguns deixaram de serem colegas e tornaram-se amigos, os quais seria uma honra manter contato.

Agradeço aos funcionários da UFSM, em especial, a secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Marcia, que foi sempre prestativa e paciente, e as meninas da limpeza da sala 1102A, pelas conversas e palavras de incentivo nas sextas-feiras. Um “Bom dia” bem dado e um “Vamos lá, já é sexta-feira”, podem mudar o seu dia.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES). Agradeço esta instituição pelo apoio financeiro e pelo interesse no estudo.

“Nunca se achar melhor ou pior do que ninguém. Ser humilde sempre. Nós todos somos iguais, o que nos diferencia é a vontade de realizar os nossos sonhos. No futebol ou na vida nunca chegaremos a lugar nenhum sozinhos. Precisamos sempre dos amigos ou colegas para atingir um objetivo.”

(Mensagem que o capitão do Sport Club Internacional, Fernandão, falecido em um acidente de helicóptero, escreveu para seu filho)

RESUMO

CADEIA DE SUPRIMENTOS: AVALIAÇÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

AUTOR: Bruno Miranda dos Santos

ORIENTADORA: Prof. Dr. Leoni Pentiado Godoy

Devido ao aumento da conscientização dos consumidores e de pressões governamentais sobre questões ambientais, as organizações estão enfatizando a importância da sustentabilidade nas operações da cadeia de suprimentos por meio da seleção de fornecedores verdes. Isso pode ser feito através da adoção de práticas de Gestão da Cadeia de Suprimentos Verdes (GSCM). Diante desse contexto, o objetivo desse estudo consiste em propor uma sistemática de avaliação para seleção de fornecedores verdes para tomada de decisão multicritério em um Hospital Universitário localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul. Este estudo propõe uma estrutura para avaliação de fornecedores verdes por meio do Método da Entropia de Shannon e a seleção do fornecedor com o melhor desempenho global através do Método para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal, mais conhecido como TOPSIS, em conjunto com a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* para tratamento da imprecisão e incerteza das respostas. Uma Análise de Sensibilidade foi usada ao final para testar a robustez da proposta. Um caso de contratação sustentável para Seringas Retrátéis de Segurança (SRS) é apresentado como forma de ilustração da sistemática proposta. Para isso, foram definidos, com base no estado da arte de gestão de operações sustentáveis, sete critérios ambientais para avaliar três potenciais fornecedores e selecionar a alternativa com melhor desempenho ambiental. Quanto à coleta dos dados, três especialistas na área de gestão da cadeia de suprimentos e compras foram entrevistados a fim de atribuir suas classificações aos critérios e aos fornecedores. De acordo com as descobertas da Entropia de Shannon, o ranking dos primeiros critérios que predominantemente devem ser levados em consideração em um contexto de contratação sustentável para esse tipo de produto, é a “Embalagem do produto”, “Compromisso dos gestores com a GSCM” e “Práticas de logística reversa”. O ranking dos fornecedores obtidos por meio do Método *Fuzzy* TOPSIS indica que o fornecedor A_2 foi o que apresentou o melhor desempenho global frente as alternativas. Por fim, vinte experimentos de alternância dos pesos dos critérios foram realizados pela Análise de Sensibilidade para testar a estabilidade da tomada de decisão. O ranking das alternativas se manteve igual ao obtido pelo Método *Fuzzy* TOPSIS, indicando consistência na tomada de decisão.

Palavras-chave: Gestão da cadeia de suprimentos verdes. Fornecedores verdes. Hospital universitário. Entropia de Shannon. *Fuzzy* TOPSIS.

ABSTRACT

SUPPLY CHAIN: EVALUATION FOR THE SELECTION OF GREEN SUPPLIERS IN A UNIVERSITY HOSPITAL

AUTHOR: Bruno Miranda dos Santos

ADVISOR: Profa. Dra. Leoni Pentiado Godoy

Due to increased consumer awareness and government pressures on environmental issues, organizations are emphasizing the importance of sustainability in supply chain operations through the selection of green suppliers. This can be done through the adoption of Green Supply Chain Management (GSCM) practices. In view of this context, the objective of this study is to propose a systematic evaluation to selection of green suppliers for multicriteria decision making in a University Hospital located in the central region of the state of Rio Grande do Sul. This study proposes a framework for evaluating green suppliers through the Shannon Entropy Method and selecting the supplier with the best overall performance through the Method to evaluate the performance of alternatives through similarity with the ideal solution, better known as TOPSIS, in conjunction with the Fuzzy Set Theory to deal with imprecision and uncertainty of responses. A Sensitivity Analysis was used at the end to test the robustness of the proposal. A sustainable contracting case for Retractable Safety Syringes (SRS) is presented as an illustration of the proposed framework. For this, seven environmental criteria were defined, based on the state of the art of sustainable operations management to evaluate three potential suppliers and select the alternative with better environmental performance. As for the data collection, three specialists in the area of supply chain management and procurement were interviewed in order to assign their classifications to criteria and suppliers. According to the findings of Shannon's Entropy, the ranking of the first criteria that should predominantly be taken into account in a context of sustainable contracting for this type of product are the Product packaging, Management commitment with the GSCM and Logistics practices reverse. The ranking of the suppliers obtained through the Fuzzy TOPSIS Method indicates that the A_2 supplier presented the best overall performance against the alternatives. Finally, twenty experiments of alternating the weights of the criteria were performed in the Sensitivity Analysis to test the stability of the decision making. The ranking of the alternatives remained the same as that obtained by the Fuzzy TOPSIS Method, indicating consistency in decision making.

Keywords: Green Supply Chain Management. Green Suppliers. University Hospital. Shannon Entropy. Fuzzy TOPSIS.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigos mais relevantes de cada combinação realizada.....	18
Quadro 2 – Regras para aquisição de bens e serviços para instituições públicas.....	27
Quadro 3 – Critérios utilizados para seleção de fornecedores verdes	36
Quadro 4 – Comparação entre os métodos TOPSIS e <i>Fuzzy</i> TOPSIS	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correspondência de termos linguísticos e valores linguísticos	41
Tabela 2 – Critérios ambientais selecionados.....	50
Tabela 3 – Variáveis linguísticas para avaliar importância e desempenho	58
Tabela 4 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i>	58
Tabela 5 – Peso dos critérios ambientais por Entropia de Shannon	59
Tabela 6 – Avaliação dos fornecedores pelos E's e pesos fuzzy agregado	61
Tabela 7 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada	62
Tabela 8 – Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada ponderada	63
Tabela 9 – Distância das alternativas em relação a <i>FPIS</i> +	64
Tabela 10 – Distância das alternativas em relação a <i>FNIS</i> –	65
Tabela 11 – Coeficiente de proximidade e ranking das alternativas	66
Tabela 12 – Análise de sensibilidade	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tomada de decisão multicritério.....	13
Figura 2 – Procedimento utilizado na pesquisa bibliométrica.....	17
Figura 3 – Quantidade de artigos encontrados a partir das combinações.....	18
Figura 4 – População do Brasil por faixa etária em milhões, 2010 e 2020.....	22
Figura 5 – Componentes da cadeia de suprimentos da área da saúde.....	24
Figura 6 – Práticas sustentáveis em organizações privadas.....	26
Figura 7 – Processo de compras e contratações.....	28
Figura 8 – Fatores de análise do esverdeamento da cadeia de suprimentos.....	32
Figura 9 – Seleção de fornecedores verdes.....	33
Figura 10 – Seleção de fornecedores proposta por De Boer, Labro e Morlacchi (2001).....	34
Figura 11 – Processo de Seleção de fornecedores verdes pelo método <i>Fuzzy</i> TOPSIS.....	35
Figura 12 – Relevância dos critérios utilizados.....	38
Figura 13 – Escala <i>fuzzy</i> triangular de valores linguísticos.....	41
Figura 14 – Número <i>fuzzy</i> triangular (a) e números <i>fuzzy</i> triangulares (b).....	43
Figura 15 – Sistema baseado em regras <i>fuzzy</i>	44
Figura 16 – Características do procedimento metodológico.....	47
Figura 17 – Etapas metodológicas da pesquisa.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação entre as variáveis E_j e w_j	60
Gráfico 2 – Resultado da Análise de Sensibilidade.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DEMATEL	<i>Decision Making Trial na Evaluation Laboratory</i>
GRA	Método de Análise de Relações Cinza
GSC	Gestão da Cadeia de Suprimentos
GSCM	Gestão da Cadeia de Suprimentos Verdes
ILOS	Instituto de Logística e <i>Supply Chain</i>
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making</i>
NF	Números <i>Fuzzy</i>
NFT	Número <i>Fuzzy</i> Triangular
SCOR	<i>Supply Chain Operations Reference</i>
TOPSIS	<i>Technique for order of preference by similarity to ideal solution</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos.....	15
1.3	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1	GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS HOSPITALAR.....	21
2.1.1	O setor de saúde no Brasil.....	21
2.1.2	A cadeia de suprimentos hospitalar.....	23
2.2	COMPRAS E CONTRATAÇÕES SUSTENTÁVEIS NA ESFERA PÚBLICA.....	25
2.3	GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS VERDES.....	29
2.3.1	Avaliação e seleção de fornecedores verdes.....	31
2.3.2	Critérios e técnicas de seleção de fornecedores verdes.....	33
2.4	LÓGICA CONVENCIONAL VERSUS LÓGICA <i>FUZZY</i>	39
2.4.1	Variáveis linguísticas.....	40
2.4.2	Conjuntos <i>Fuzzy</i>.....	42
2.4.3	Sistema de inferência <i>fuzzy</i>.....	44
2.5	OS MÉTODOS TOPSIS E <i>FUZZY</i> TOPSIS.....	45
3	METODOLOGIA.....	47
3.1	CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA.....	47
3.2	CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES.....	49
3.3	MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....	51
4	RESULTADOS.....	57
4.1	SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES USANDO A ENTROPIA DE SHANNON E O MÉTODO <i>FUZZY</i> TOPSIS.....	57
5.	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O aumento das atividades industriais tem acelerado as transformações no meio ambiente, dessa forma, o uso de fatores ambientais, como elementos estratégicos, estão sendo tratados como uma questão importante para as organizações que buscam diferencial competitivo. Diante disso, a importância dada para as questões ambientais, vem ganhando destaque devido aos efeitos do desequilíbrio ambiental causados pela ação do homem na natureza.

A gestão da cadeia de suprimentos (GSC) é composta por uma rede de fornecedores, centros de distribuição e produção de diversos clientes (AMALNICK; SAFFAR, 2017) organizados estrategicamente para adquirir matérias-primas e convertê-las em produtos acabados. Em termos operacionais, a GSC abrange o fluxo de materiais e produtos até a sua entrega aos usuários finais. Nesse contexto, a seleção e avaliação de fornecedores é uma atividade crucial para a unidade de compras (CARTER; NARASIMHAN, 1996) de qualquer empresa e exerce um grande impacto nos custos e na qualidade dos produtos e serviços, assim como no desempenho da cadeia de suprimentos (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

A gestão da cadeia de suprimentos verdes (GSCM) pode ser considerada como uma subárea da GSC, que se preocupa com os aspectos voltados à sustentabilidade. Nesse sentido, a GSCM tem despontado como uma filosofia organizacional nos últimos anos, permitindo que as organizações melhorem o desempenho sustentável de suas operações e processos, além de torná-las mais competitivas e aumentar seus lucros (SARKIS, 2003; SRIVASTAVA, 2007; WANG; CHAN, 2013). Todavia, a introdução de iniciativas verdes deve ser aliada com o uso de novas tecnologias nos processos de fornecimento e produção (CHEN, 2001; SHEN et al., 2013).

Nos últimos anos, a globalização da economia, a preocupação ambiental dos *stakeholders* e a pressão exercida pelos governos por meio de legislação e regulamentação ambiental, têm impacto em mudanças positivas nas empresas em direção a importância de adotar as práticas da GSCM como parte integrante da gestão de operações (GOVINDAN et al., 2011; JABBOUR et al., 2013). As pesquisas desenvolvidas acerca das práticas da GSCM têm se concentrado em auxiliar os fornecedores a melhorar seu desempenho ambiental, por meio de certificações ambientais e práticas verdes (SHEN et al., 2013).

À medida que a preocupação ambiental aumenta, as empresas estão optando por comprar de fornecedores que ofereçam alto nível de qualidade, baixo custo, prazos curtos de

entrega, etc., além de cumprir determinados requisitos ambientais (BOUTKHOUM et al., 2016; LEE et al., 2009). Sendo assim, este trabalho tem como objetivo propor uma sistemática de avaliação para seleção de fornecedores verdes para tomada de decisão multicritério no Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM) localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul. Além do método *Fuzzy* TOPSIS, será utilizada a Entropia de Shannon para dar peso aos critérios estabelecidos. Por fim, uma Análise de Sensibilidade será utilizada para verificar a robustez da sistemática proposta. Um sistema de avaliação e seleção de fornecedores verdes vem a somar para que uma empresa atenda os critérios da GSCM e defina o posicionamento de um fornecedor como um parceiro estratégico na cadeia de suprimentos verdes (LEE et al., 2009).

O setor de compras e gestão de suprimentos tem participação fundamental no uso dos recursos da administração pública. De acordo com Tridapalli, Fernandes e Machado (2011), 36% do orçamento público anual são destinados para os gastos na contratação de serviços e na aquisição de bens. Batista e Maldonado (2008) salientam a dimensão da área de compras dentro das organizações públicas, reconhecendo que a gestão de suprimentos é um dos pilares básicos de qualquer instituição pública, onde se tomam importantes decisões estratégicas e se aplicam os recursos orçamentários existentes.

Uma pesquisa realizada por cientistas norte-americanos na indústria da saúde, intitulada como *Efficient Health Consumer Response*, apontou que 38% do custo dos produtos vendidos no setor de saúde podem ser associados às atividades da cadeia de suprimentos (SMITH; NACHTMANN; POHL, 2011). Além disso, a pesquisa alerta que esse percentual é considerado significativamente maior quando comparado com outras indústrias, como no varejo, por exemplo, onde esse percentual varia entre 6% e 8% (BURNS et al., 2002). Conforme foi observado no estudo, existe um campo iminente de redução de custos do setor, que poderia ser alcançada por meio de melhorias nos processos de distribuição física, transporte, gestão de compras e na gestão de estoques (NEDER, 2015). Trazendo essa problemática para o contexto brasileiro, onde os hospitais são evidenciados por sua cadeia de suprimentos ineficiente e pelo uso inadequado dos recursos, ocasionando o aumento dos custos hospitalares (OLIVEIRA, 2014).

No setor da saúde, a GSC ainda não é vista como sendo um elemento essencial, a qual deve estar integrada com todos os setores da organização. Os hospitais desempenham um papel importante de assistência à saúde, entretanto, apresentam um lado de insalubridade que pode resultar em doenças e poluição ao meio ambiente (SHARMA, 2016). Esses dois fatores exercem considerável pressão ambiental sob as cadeias de suprimentos hospitalares,

demonstrando que a adoção de práticas ambientais como ações estratégicas podem favorecer as instituições públicas.

As práticas da GSC são definidas como um conjunto de atividade desenvolvidas em uma organização para incentivar um gerenciamento efetivo da cadeia de suprimentos. Na literatura atual, são apresentadas algumas metodologias de avaliação das práticas de GSC, compreendendo abordagens qualitativas, quantitativas, contextuais e analíticas. Embora a GSC esteja bem difundida em contextos organizacionais, não existe um consenso na literatura sobre as práticas de GSCM no setor da saúde, bem como os benefícios que podem viabilizar para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos.

A dificuldade em obter este consenso é motivada por dois fatores. Primeiro, porque definir a relação entre as práticas da GSC e o desempenho da empresa ainda é visto como um obstáculo (FABBE-COSTES; JAHRE, 2008; DESPHANDE, 2012). Segundo, porque cada organização apresenta suas singularidades que às diferenciam entre si, como: modelos de gestão, níveis de complexidade estrutural e fatores financeiros inerentes de qualquer operação, cada um desses elementos irão influenciar diretamente ou indiretamente o desempenho da cadeia de suprimentos (JIANG, 2011; ELROD; MURRAY; BANDE, 2013). A gestão da cadeia de suprimentos é considerada uma atividade complexa, pois é formada por inúmeras empresas em diferentes níveis de estratégia, como fornecedores, distribuidores, fabricantes e consumidores (DESPHANDE, 2012).

Diante desse contexto, a presença de diversos fatores tem contribuído para tornar complexo o processo de tomada de decisão na cadeia de suprimentos, sobretudo quando se refere à avaliação e seleção de fornecedores (AMARO; LIMA JÚNIOR, 2015). A instabilidade econômica, por exemplo, afeta diretamente o comportamento da demanda, mudando constantemente as necessidades de compras, por parte dos consumidores e por parte das empresas. Diante disso, a função de compras tem passado por significativas mudanças estruturais e de relação com os fornecedores.

Existem vários fatores envolvidos no processo de seleção de fornecedores verdes, desta forma é visto como um problema na tomada de decisão em que determinados critérios são ponderados na avaliação de inúmeras possibilidades (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; GALO et al., 2016). Dessa maneira, medidas eficazes nessa área, necessitam da seleção adequada dos critérios e de métodos de tomada de decisão que poderão ser utilizados na modelagem dos dados (LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

Devido a muitas barreiras, a seleção das práticas de GSCM mais adequadas para implementação têm se tornado uma atividade cada vez mais complexa (GOVINDAN et al.,

2014; JAYARAM; AVVITATHUR, 2015), uma vez que cada empresa apresenta suas singularidades em termos de estratégias, objetivos e capacidades a serem consideradas. Além do mais, a carência de informação faz com que as organizações tomem decisões sob incerteza. Diante disso, lidar com a incerteza de informações requer um procedimento sistêmico para coletar dados técnicos e analíticos.

Vários estudos têm abordado o uso de Métodos de Tomada de Decisão Multicritério (MCDM), como técnicas de programação matemática e inteligência artificial (BÜYÜKÖZKAN, 2004; LIMA JÚNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013; PORCAR et al., 2015). Nesse contexto, os métodos MCDM combinados com a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* (FST) proporcionam uma avaliação mais robusta e precisa na seleção de fornecedores verdes. Além disso, também se observa que os métodos utilizados na seleção de fornecedores sustentáveis são abordagens de técnicas individuais e não de natureza integrativa (SHEN et al., 2013). Kumar et al. (2016) investigaram na literatura Métodos MCDM para avaliação de fornecedores verdes. Sua revisão sugere que a Técnica de Preferência por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS) satisfaz em um contexto de uso para decisões multicritérios, mas que a integração com outras abordagens pode facilitar para resolver o problema de forma mais flexível e eficiente. Para isso, é utilizada a Entropia de Shannon ou “entropia de informação” para dar peso aos critérios, tornando a tomada de decisão mais precisa e confiável (SONG et al., 2017). A entropia de Shannon lida com os aspectos que envolvem a informação, sendo denominada de “entropia de informação”, na qual quanto menor for a entropia de informação, maior será o peso do critério (MAVI et al., 2016). Ademais, de acordo com Abrantes (2011) a teoria da informação é centrada à volta de uma modelagem matemática comum ao armazenamento e manipulação da informação, de modo que dá subsídios teóricos para atividades como: observações, telecomunicações, tomadas de decisões e reconhecimento de padrões.

Essa dissertação está estruturada da seguinte forma: Na seção 1 é apresentada a introdução, abrangendo o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa e importância. Na seção 2 é apresentada a revisão da literatura. Na seção 3 são descritos os procedimentos metodológicos adotados. Na seção 4 são apresentados e discutidos os resultados a luz da teoria. Na seção 5, por fim, é apresentada as conclusões, limitações de pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

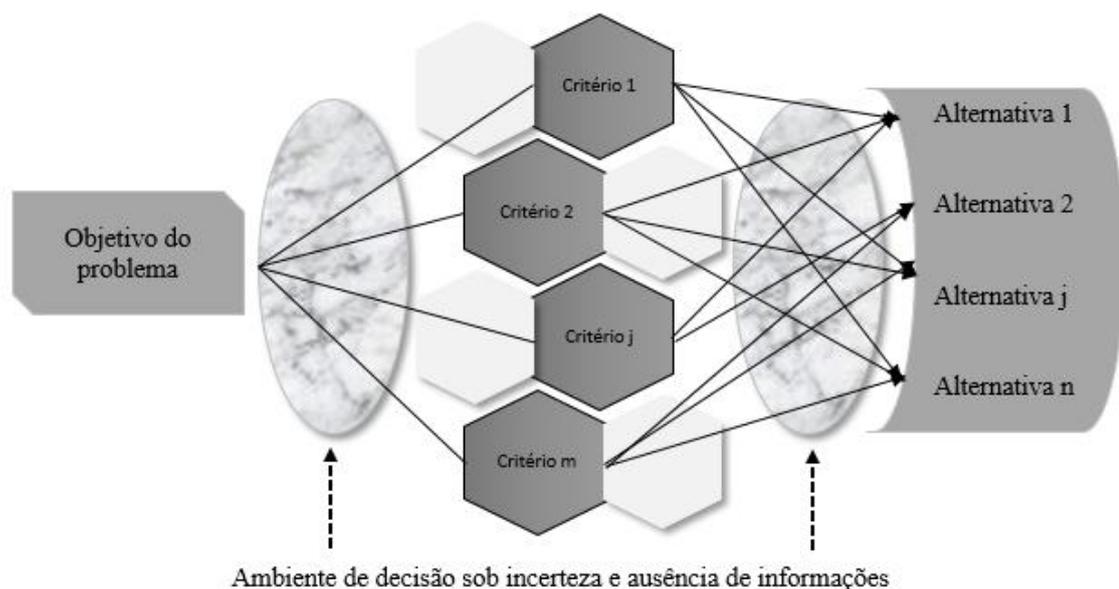
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Na prática, a engenharia de produção está intrinsecamente conectada aos sistemas administrativos de uma organização, visando a melhoria e implementação de sistemas que envolvem pessoas, materiais, informações e equipamentos. Ambas as áreas se unem no sentido de procurar soluções para problemas específicos na busca pela melhoria contínua.

A gestão, de forma geral, é um termo muito utilizado na administração, pois reflete o ato de gerenciar, direcionando o esforço humano para atingir objetivos específicos. Estendendo o conceito para a gestão da cadeia de suprimentos, a mesma consiste em gerenciar estrategicamente os fluxos de informação, de bens, de serviços e financeiros de uma organização.

Nesse contexto, a integração dos métodos propostos vem a somar no processo de tomada de decisão em ambientes de alta complexidade, como é caso da cadeia de suprimentos, pois viabiliza a utilização de uma quantidade ilimitada de critérios e uma análise simultânea de diversas alternativas, conforme Figura 1. Ademais, permite também que as avaliações dos pesos dos critérios e dos escores dos fornecedores sejam realizadas por meio de julgamentos linguísticos efetuados por especialistas na área.

Figura 1 – Tomada de decisão multicritério



Nos últimos anos, as organizações passaram a entender que melhorar a eficiência apenas internamente não era suficientemente rentável para garantir sua competitividade, sendo necessário atentar-se também para todos os aspectos que envolvem os elos externos à organização. A partir desse entendimento, veio a compreensão de que a gestão da cadeia de suprimentos apresenta-se como um pré-requisito fundamental para conservar-se competitivo em um mercado cada vez mais globalizado (LI et al., 2005). No caminho dessa tendência, muitas indústrias começaram a preocupar-se com suas cadeias de suprimentos, como reflexo dessa tendência, melhorias significativas foram realizadas na GSC, no entanto, tem-se observado, pouco sucesso na implementação de ações voltadas para a GSCM no setor de saúde (MCKONE-SWEET; HAMILTON; WILLIS, 2005; OLIVEIRA, 2014).

Pode-se dizer, que um dos motivos do insucesso é que o setor de saúde não tem concentrado esforços para estimular a GSC na mesma medida em que as indústrias de manufatura e varejo desenvolveram. Visto que, o objetivo principal de profissionais da saúde é proporcionar qualidade em tratamentos e buscar alternativas para uma recuperação rápida dos pacientes, devido a isso, direcionam-se os investimentos para a aquisição de novas tecnologias e técnicas diretamente voltadas para um contexto mais específico (SMITH; NACHTMANN; POHL, 2011). Empregar recursos para a melhoria dos processos da cadeia de suprimentos não tem sido o foco do setor. Entretanto, em virtude do aumento da pressão pela redução de custos sem implicar em um declínio da qualidade dos serviços, as organizações de saúde estão percebendo que a adoção das práticas da GSC no setor é fundamental para atingir seus objetivos.

Nessa perspectiva, surge a problemática desse trabalho que procura responder a seguinte questão: De que maneira os métodos propostos podem auxiliar no processo de tomada de decisão acerca da avaliação e seleção de fornecedores verdes no Hospital Público Universitário (HUSM)?

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção, são apresentados os objetivos da pesquisa, sendo classificados em: objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Propor uma sistemática de avaliação para seleção de fornecedores verdes para tomada de decisão multicritério baseado na Entropia de Shannon e no Método *Fuzzy* TOPSIS no Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM).

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) entrevistar especialistas da área de GSC;
- b) definir um produto para avaliar seus fornecedores;
- c) definir os critérios ambientais de avaliação de fornecedores;
- d) coletar os dados quanto a importância dos critérios ambientais e definir o peso de cada um pela Entropia de Shannon; e
- e) coletar os dados quanto ao desempenho dos fornecedores e utilizar o método *Fuzzy* TOPSIS para selecionar a melhor alternativa.

1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA

Devido à crescente imposição por parte do governo e a constante transformação nos hábitos dos consumidores, várias organizações têm focado na seleção de fornecedores verdes. Diante disso, métodos que contribuam para uma tomada de decisão eficaz são cada vez mais utilizados afim de formar uma base sólida para tais decisões. Nesse cenário, existem diversos métodos para tomada de decisão multicritério, como por exemplo, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Data Envelopment Analysis* (DEA) e *Decision-making trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). O método *Fuzzy* TOPSIS tem sido amplamente acolhido devido a sua capacidade de discorrer simultaneamente da solução ideal e de soluções não ideais, além de apresentar programações computacionais de baixa complexidade (PORCAR et al., 2015). Além disso, o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* contribui na precisão do tratamento dos julgamentos linguísticos humanos (LI; WU, 2015).

A gestão da cadeia de suprimentos propicia um conjunto ilimitado de oportunidades de melhorias e redução de custos, pois, na literatura, há evidências de que as práticas da GSC se transformam em vantagens competitivas e, sobretudo redução de custos (LA FORGIA; COUTTOLENC, 2009). Historicamente, os dispêndios financeiros com suprimentos hospitalares constituem até 45% dos custos totais (JAYARAMAN et al., 2014). Com uma

tendência de crescimento projetado para o setor da saúde, hospitais e sistemas de saúde, inclinam-se a gastar mais em suas cadeias de suprimentos do que na prestação de serviço de saúde (CHEN et al., 2013). Diante desse contexto, todas as questões que envolvem a eficiência e eficácia de ações voltadas a GSC tem se tornado extremamente importante para CEO's e lideranças executivas dos hospitais. Apesar disso, o setor de saúde tem sido demasiadamente lento para implementar tais práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos (NEDER, 2015), em consequência, principalmente, da complexidade da indústria da saúde e da falta de pessoas especializadas (ARONSSON; ABRAHAMSSON; SPENS, 2011).

Ainda que o setor da saúde enfrente diversos desafios competitivos, a vantagem competitiva sustentável proveniente de uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos ainda não foi bem explorada. Na literatura acadêmica sobre a GSC foram encontrados poucos estudos acerca dos aspectos que abrangem o controle da cadeia de suprimentos, especialmente no que se refere a introdução de fatores ambientais para seleção de fornecedores no contexto hospitalar. No entanto, há evidência de que iniciativas de uma gestão preocupada com a cadeia de suprimentos e com foco em qualidade provocam uma reação positiva no desempenho do hospital e na satisfação dos clientes (NEDER, 2015; TOBA; TOMASINI; YANG, 2008).

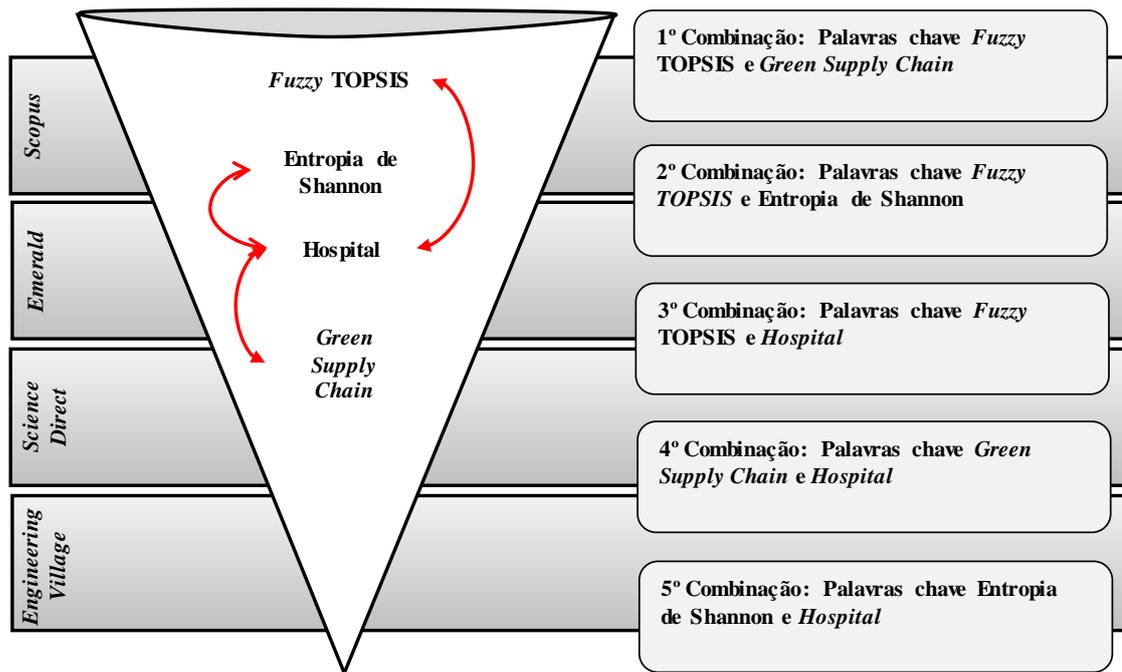
Nesse contexto, realizou-se uma pesquisa bibliométrica, onde se realizaram combinações entre palavras chave previamente definidas, e que foram pesquisadas em quatro bases de periódicos internacionais, como:

- a) *scopus*;
- b) *emerald insight*;
- c) *science direct*; e
- d) *engineering village*.

Tais combinações serviram para fundamentar que o tema em questão é um campo fértil para o desenvolvimento de muitas pesquisas. Historicamente, a GSC é um assunto bastante difundido internacionalmente, dado a sua importância para todas as empresas, desde a menor até megacorporações. Por outro lado, a GSC ainda é pouco explorada em áreas da saúde, e a situação evidencia-se ainda mais quando se busca alguma relação entre hospitais, gestão da cadeia de suprimentos verdes e os métodos propostos.

Sendo assim, as combinações realizadas, bem como as palavras chave que foram determinadas, podem ser visualizadas na Figura 2. Ressalta-se que o mesmo procedimento foi utilizado para cada base de periódico pesquisada.

Figura 2 – Procedimento utilizado na pesquisa bibliométrica



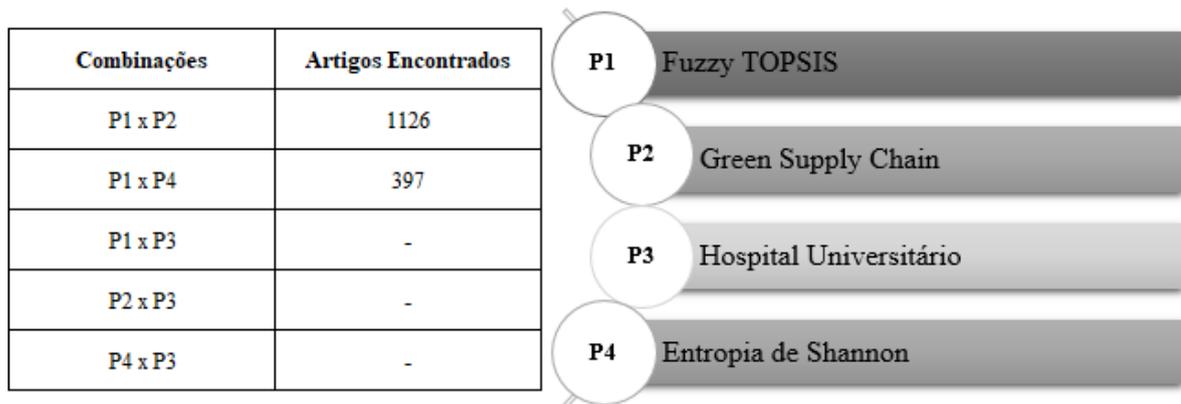
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Percebe-se que a Figura 2 foi criada no formato de um cone, com o propósito de indicar que a pesquisa iniciou partindo de um assunto amplo para chegar a um tema específico, o qual orientou o objetivo desse estudo. As flechas em vermelho demonstram as combinações mais importantes que foram realizadas e serviram como base para fundamentar este trabalho.

Diante da interpretação das informações contidas, são possíveis algumas considerações importantes. As cinco combinações realizadas, na visão do autor, abrangem de forma suficiente o assunto que será discutido, evidenciando que o tema ainda é pouco explorado, sobretudo na área da saúde.

As combinações foram feitas por meio de associação booleana das palavras chave, utilizando o comando “and” de cada base de periódicos. O período que foi considerado para pesquisa foram os últimos cinco anos, a quantidade de trabalhos encontrados a partir de cada combinação pode ser visualizada na Figura 3

Figura 3 – Quantidade de artigos encontrados a partir das combinações



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que nos cruzamentos entre as palavras P1xP3, P2xP3 e P4xP3 não foram encontrados estudos nas bases pesquisadas, evidenciando que os métodos de análises propostos neste trabalho são inéditos no contexto que se pretende aplicá-los. Baseando-se na análise bibliométrica e nas combinações realizadas, é possível listar alguns dos trabalhos mais importantes e que vão ao encontro do tema abordado nessa pesquisa. No Quadro 1, pode-se observar os artigos que foram considerados importantes, os autores e o ano em que foram publicados.

Quadro 1 – Artigos mais relevantes de cada combinação realizada

(Continua)

Combinação	Título	Autores	Ano
P1 x P2	<i>A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers</i>	Büyüközkan e Çifçi	2012
	<i>A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences</i>	Shen et. al.	2013
	<i>Eco-efficiency based green supply chain management: current status and opportunities</i>	Govindan et al.	2014
	<i>Green Supplier Selection Based on Improved Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Model</i>	Li et. al.	2015
	<i>Systematic combination of fuzzy and grey numbers for supplier selection problem</i>	Zakeri e Keramati	2015
	<i>Integration of fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS for evaluating carbon performance of suppliers</i>	Kuo, Hsu e Chen	2015
	<i>A comparison between TOPSIS and fuzzy TOPSIS methods to support multi criteria decision making for supplier selection</i>	Lima Junior e Carpinetti	2015

(Conclusão)

	<i>A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection</i>	Lima-Junior et al.	2013
	<i>Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques</i>	Uygun e Dede	2016
	<i>Hybrid decision making approach to predict and measure the success possibility of green supply chain management implementation</i>	Malviya e Kant	2016
	<i>Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation</i>	Sarpong et al.	2016
	<i>A decision making trial and evaluation laboratory approach to analyze the barriers to Green Supply Chain Management adoption in a food packaging company</i>	Wang et al.	2016
	<i>Prioritizing the barriers to achieve sustainable consumption and production trends in supply chains using fuzzy Analytical Hierarchy Process</i>	Mangla et al.	2017
	<i>An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains</i>	Luthra et al.	2017
	<i>A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques</i>	Parkouhi e Ghadikolaei	2017
P1 x P4	<i>An Integrated Model For Supplier Selection and Order Allocation; Using Shannon Entropy, SWOT and Linear Programming</i>	Ghorbani et al.	2012
	<i>Entropy/cross entropy-based group decision making under intuitionistic fuzzy environment</i>	Xia e Xu	2012
	<i>Manufacturing vendor selection based on cross-entropy measure with fuzzy VIKOR method</i>	Zhao et al.	2013
	<i>A grey relational projection method for multi-attribute decision making based on intuitionistic trapezoidal fuzzy number</i>	Zhang et al.	2013
	<i>An evidential reasoning approach to optimal monitoring of drinking water distribution systems for detecting deliberate contamination events</i>	Lari-bazargan	2014
	<i>Modelling policy decision of sustainable energy strategies for Nanjing city: A fuzzy integral approach</i>	Zhang et al.	2014
	<i>A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method</i>	Liu et al.	2015
	<i>Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014</i>	Mardani et al.	2015
	<i>Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting</i>	Wood	2016
	<i>Intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision-making with an application to plant location selection based on a new extended VIKOR method</i>	Gupta et al.	2016
	<i>Entropy-based weights on decision makers in group decision-making setting with hybrid preference representations</i>	Yue	2017
	<i>Optimizing discrete V obstacle parameters using a novel Entropy-VIKOR approach in a solar air flow channel</i>	Sharma et al.	2017

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

No trabalho de Li e Wu (2015), para garantir a confiabilidade do processo de seleção de fornecedores verdes, os autores criaram um modelo a partir dos conjuntos *Fuzzy* e *Fuzzy-*

TOPSIS para avaliar os fornecedores de uma indústria logística. Lima Junior e Carpinetti (2016), afirmam que a avaliação de fornecedores deve se tornar um hábito das empresas, visto que eles são peças fundamentais na cadeia de suprimentos. Os autores utilizaram as métricas de desempenho *Supply Chain Operations Reference (SCORS)* e *Fuzzy TOPSIS* para avaliar os fornecedores nas dimensões de custo e agilidade de entrega.

No estudo de Senvar, Otay e Bolturk (2016), são utilizadas as técnicas dos conjuntos *Fuzzy* e *Fuzzy TOPSIS* para selecionar o local ideal para um novo hospital em Istambul. De outra perspectiva, porém fazendo uso das mesmas técnicas utilizadas por Senvar, Otay e Bolturk, os autores Oruezabala e Rico (2012), investigaram se as expectativas dentro dos hospitais públicos poderiam afetar o gerenciamento do fornecedor. Os dados foram coletados em quinze hospitais franceses por meio de entrevistas. Os resultados apontam em primeiro lugar para as expectativas sustentáveis dos compradores e fornecedores, e, em segundo lugar, que a aquisição sustentável influencia o relacionamento, criando novas regras.

Samuel et. al. (2010) analisam os sistemas da cadeia de fornecimento de serviços da saúde, relatando que da mesma forma que cadeias de suprimento com inventário de produtos acabados são importantes, a avaliação de serviços da saúde é bastante dinâmica, pois busca relacionar a redução de serviços secundários com o ajuste da capacidade de atendimento ao consumidor. Os demais artigos encontrados foram, em sua maioria, utilizados para o enriquecimento do referencial teórico deste estudo e estão devidamente citados e referenciados ao longo da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção trata-se do embasamento teórico necessário para a compreensão do estudo que será realizado, por meio de uma revisão dos trabalhos existentes acerca do tema Sustentabilidade na cadeia de suprimentos do setor da saúde. Dessa forma, irá permitir uma análise abrangente, dentro das delimitações do assunto, que contribua para desenvolver e interpretar os resultados dessa pesquisa.

2.1 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS HOSPITALAR

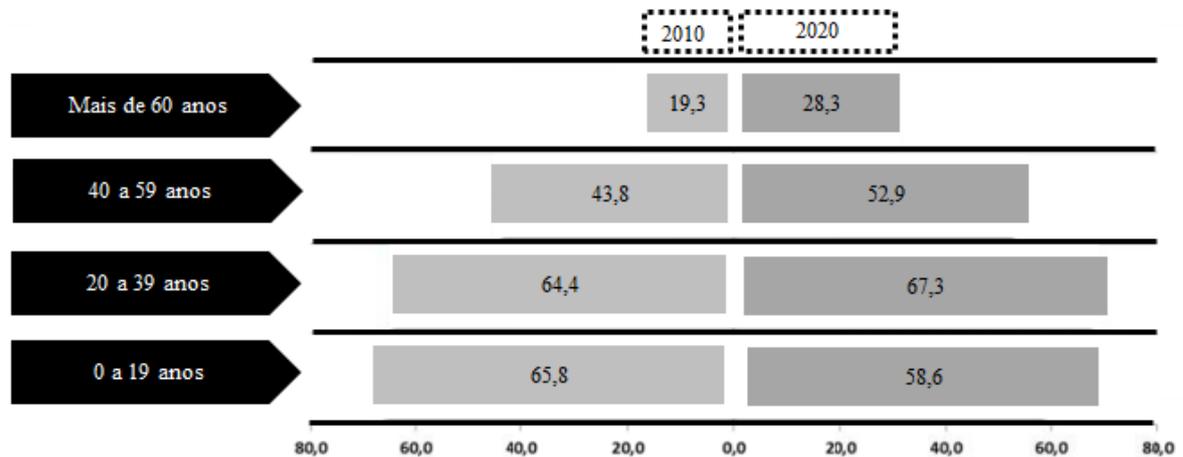
2.1.1 O setor de saúde no Brasil

As organizações passam por constantes mudanças que exigem uma gestão eficaz em sinergia com o elevado avanço tecnológico, fruto da consolidação dos benefícios da globalização. No prelúdio do século XXI, o mundo acompanha de perto as vantagens da era digital, que não irão apenas modernizar, mas originar um novo modelo socioeconômico, fundamentado em fortes relações globalizadas e trocas de conhecimentos (LARA; ROBLES, 2015).

O gerenciamento da cadeia de suprimentos em um ambiente cada vez mais competitivo, tem se apresentado como uma tarefa que instiga os gestores, os quais buscam de diversas maneiras formas de otimizar suas operações. As incertezas do mercado, globalização, inovações tecnológicas, produtos sustentáveis, o acelerado ciclo de vida dos produtos e a transparência de relacionamentos de redes internacionais elevam o grau de complexidade de gerir uma organização (CHRISTOPHER; LEEH, 2004; OLIVEIRA et al., 2015; PINHO et al., 2017).

O setor de saúde, por sua vez, é bastante relevante na atual conjuntura brasileira. Em 2014, a aplicação de recursos neste setor ultrapassaram 9% do Produto Interno Bruto (PIB) e continuam a indicar uma tendência de crescimento para os anos seguintes (IBGE, 2014). Este avanço tem sido estimulado, sobretudo pelo aumento da expectativa de vida e por investimentos privados e públicos em hospitais. A expectativa de vida tem avançado a passos largos nos últimos anos. No período entre 2000 a 2010, a esperança de vida ao nascer do brasileiro aumentou em 5,8%, passando de 70 para 74 anos de vida. Para 2015, tem-se uma estimativa de 75 anos, segundo a última projeção populacional divulgada pelo IBGE em 2013, conforme Figura 4.

Figura 4 – População do Brasil por faixa etária em milhões, 2010 e 2020



Fonte: Banco Mundial, Ipea e IBGE (2017).

Observa-se na Figura 4 ao focar o grupo etário de 60 anos ou mais de idade, de acordo com estimativas do IBGE, verifica-se que haverá um aumento significativo entre 2010 e 2020. Essa rápida transição demográfica, de acordo com Plano Nacional de Saúde (PNS), apresentará impactos importantes na saúde da população e produzirá forte repercussão no Sistema Único de Saúde (SUS) em virtude do aumento de doenças crônicas não transmissíveis, porém frequentes devido ao aumento da idade média da população (PNS, 2016). Isto tudo terá reflexo no aumento de pessoas buscando serviços de saúde nos hospitais, como consequência disso, cada vez mais os produtos e serviços adquiridos e ofertados pelos hospitais deverão possuir como premissa básica a eficiência em seus processos de gestão.

Diante disso, a gestão da cadeia de suprimento em hospitais tem alcançado uma importância expressiva na tentativa de reduzir custos com compras, gestão de insumos e logística. Ressalta-se que os hospitais e sistemas de saúde representam o maior consumo de produtos na cadeia de suprimentos (EVERARD, 2001; NEDER, 2015). Em relação ao cenário das organizações de saúde no Brasil, o setor hospitalar apresenta uma situação bastante preocupante em relação ao uso ineficiente de recursos e altos custos operacionais. A importância do setor hospitalar se revela significativa, em especial, quando se demonstra o número médio de pacientes que utilizam este serviço público ao ano, cerca de 20 milhões de pessoas, sendo que 3,5% do PIB brasileiro correspondem a gastos hospitalares (LA FORGIA, COUTTOLENC, 2009; IBGE, 2014). De acordo com os autores, os motivos que estão contribuindo para o aumento dos custos do setor dizem respeito ao aumento dos custos de

internações, bem como à falta de controle dos exames gerais e de rotina e ao aumento do número de consultas em virtude de uma iminente preocupação da população com sua saúde. Nesse contexto, muitas organizações estão buscando alternativas para diminuir seus custos de operação através da integração da unidade de compras com os objetivos dos demais setores e, dessa forma, ampliar a abrangência da GSC para toda a organização.

2.1.2 A cadeia de suprimentos hospitalar

Dirigir uma organização de saúde, privada ou pública, é orientar uma gestão com ênfase no capital intelectual, nos recursos humanos e, sobretudo nos processos. O sucesso do desempenho deste sistema possui uma relação direta com a parte de logística de suprimentos. Smith, Nachtmann e Poll (2011) definem a cadeia de suprimentos do setor da saúde como um conjunto de informações, suprimentos e finanças usados para obtenção e circulação de bens e serviços desde o fornecedor até o usuário final. Abastecer apropriadamente o ambiente hospitalar com insumos que garantam qualidade, produtividade, satisfação dos pacientes e satisfação dos profissionais da saúde constitui um dos principais desafios da gestão de uma organização de saúde.

Nessa perspectiva, o conceito de uma cadeia de suprimentos hospitalar é fundado em um cenário mais amplo que presume uma estratégia de planejamento, implantação e controle do fluxo para os processos de aquisição e gerenciamento das matérias-primas. A implementação de práticas da GSC em um setor de saúde não remete apenas ao controle de bens físicos, como medicamentos, produtos farmacêuticos e dispositivos médicos, mas especialmente envolve o fluxo de pacientes (NEDER, 2015). Na logística hospitalar toda a infraestrutura existente deve ser considerada, desde a organização, as pessoas, os processos e os sistemas de suporte à informação.

Na literatura, a cadeia de suprimentos hospitalar apresenta quatro componentes principais: produtores, compradores, provedores de serviços e pacientes (AL-SAA'DA et al. 2013), conforme visualizado na Figura 5. Os produtores fazem parte do elo que tem a responsabilidade de fabricar as matérias-primas de acordo com exigências muitas vezes específicas do setor hospitalar. Os compradores, por sua vez, são formados por organizações privadas ou públicas, grupos de compras e distribuidores. Os provedores de serviço são os hospitais, clínicas e consultórios que utilizam os bens produzidos e os clientes constituem a peça final da cadeia de suprimentos hospitalar.

Figura 5 – Componentes da cadeia de suprimentos da área da saúde

Produtores	Compradores	Provedores de serviço	Pacientes
Fabricantes	Organizações privadas	Hospitais	Cliente final
Produtos farmacêuticos	Grupos de compras	Clínicas	
Dispositivos médicos	Distribuidores	Consultórios	
Implantes	Instituições públicas		
Suprimentos médicos			
Suprimentos cirúrgicos			
Suprimentos alimentícios			
Suprimentos de escritório			
Tecnologias para área da saúde			

Fonte: Alsaá'da et al. (2013).

Um modelo de gestão da cadeia de suprimentos bem estruturado é capaz de executar plenamente os processos de planejamento, suprimentos e contratação, aquisição de materiais e a gestão do capital de giro. Estes elementos são fundamentais para a obtenção de produtos e serviços para as equipes hospitalares desempenharem suas atividades de maneira eficiente.

Outras particularidades importantes das cadeias de suprimentos hospitalares referem-se a resiliência (resistência ao risco) e a flexibilidade para absorver as restrições do mercado global, bem como as regulamentações governamentais que envolvem o setor. Nos hospitais, a gestão da cadeia de suprimentos abrangerem itens médicos e não médicos, do mesmo modo que despesas operacionais e de capital. O grupo de ordem médica inclui itens clínicos e farmacêuticos e o grupo de ordem não médica abrange todos os outros bens e serviços essenciais para executar a gestão de um hospital.

A compreensão e conhecimento dos fatores e princípios de uma cadeia de suprimentos tem sido tem sido significativamente um ponto positivo para as organizações que querem se destacar em um mercado cada vez mais restrito e competitivo. Tendo em vista que o processo de produção no setor da saúde se mostra bastante complexo e que um hospital engloba diversos setores e profissionais, o gestor responsável pelas operações da cadeia de suprimentos deve estimular a integração de todos os setores e unidades hospitalares.

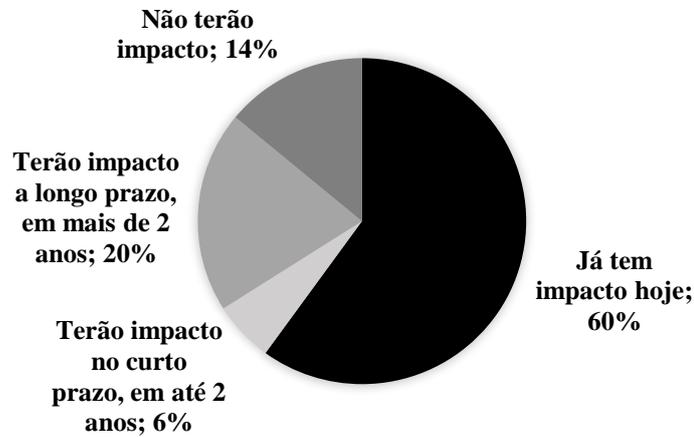
2.2 COMPRAS E CONTRATAÇÕES SUSTENTÁVEIS NA ESFERA PÚBLICA

As responsabilidades e compromissos que a administração pública enfrenta em termos ambientais só tende a crescer, o que demanda estratégias inovadoras em termos de consumo e produção, econômicas, sociais e ambientais. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade do setor público criar soluções que direcionem iniciativas a fim de promover discussões sobre desenvolvimento e responsabilidade socioambiental (SANTOS, 2017). Diante disso, as compras públicas sustentáveis constituem um dos principais temas abordados no Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis, publicado em 2011 pelo Ministério do Meio Ambiente, uma vez que é considerado como um instrumento apto à promoção de mudança nos padrões de produção e consumo em âmbito nacional, de modo a torná-los mais sustentáveis (CAVALCANTI et al., 2017). Assim, as contratações sustentáveis, mais do que opções administrativas, são atualmente consideradas uma política pública voltada à indução do mercado no sentido de fornecer produtos e serviços que atendam aos três pilares da sustentabilidade, ou seja, que sejam ambientalmente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis. O Estado deve usar o seu grande poder de compras e contratações para promover transformações estruturais nos setores produtivos, fazendo com que esse poder seja um instrumento de proteção ao meio ambiente e de desenvolvimento econômico e social.

Dessa forma, sabendo que a cadeia de suprimentos envolve, sobretudo, dois lados, quem compra e quem fornece, é preciso que as organizações que ofereçam produtos e serviços tenham enraizada a cultura de responsabilidade ambiental, buscando cumprir as legislações vigentes na qual cada fornecedor deve se enquadrar. Em um estudo realizado pelo Instituto de Logística e *Supply Chain* (ILOS) em 2011, com 109 executivos de grandes indústrias do Brasil, de segmentos distintos, acerca do panorama de iniciativas de sustentabilidade ambiental das empresas nacionais, revela que mais da metade das organizações líderes em sustentabilidade ambiental conseguem reduzir seus custos, bem como ter retorno financeiro significativo por meio de práticas ambientais implementadas, de acordo com a Figura 6.

Figura 6 – Práticas sustentáveis em organizações privadas

As mudanças climáticas têm impacto nos negócios da sua empresa?



Fonte: ILOS (2011).

Por meio da pesquisa realizada pelo ILOS, constatou-se que 60% dos executivos entrevistados acreditam que ações sustentáveis contribuem para o bom desempenho da empresa. O cenário que se observa no Brasil, é que as organizações têm alterado suas posturas frente à concorrência, utilizando-se para tanto de inúmeros recursos, sendo às práticas ambientais e o gerenciamento dos resíduos a preocupação do momento (CUOZZO et al., 2017). Nesse sentido, denota-se que a GSC, tanto para instituições privadas quanto para o poder público, é uma rede com elevado fator de complexidade que requer uma análise dos diversos elementos que influenciam no processo de aquisição de matérias-primas.

O poder público vem tomando iniciativas que podem contribuir para a adoção de práticas sustentáveis por parte das organizações. O Governo Federal estabeleceu critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras na Administração Pública Federal, por meio da Instrução Normativa nº1/2010 (BRASIL, 2015). De acordo com essa Instrução Normativa, Capítulo I, das disposições gerais, Art. 1º, as especificações para a aquisição de bens, contratação de serviços e obras por parte dos órgãos e entidades da administração pública federal deverão conter critérios de sustentabilidade ambiental, considerando os processos de extração ou fabricação, utilização e descarte dos produtos e matérias-primas, de acordo com o Quadro 2.

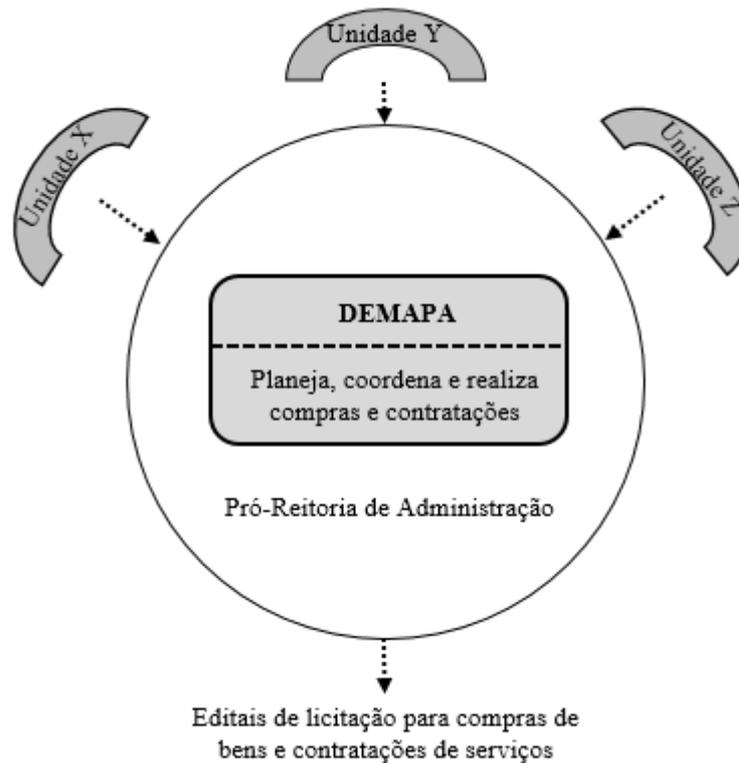
Quadro 2 – Regras para aquisição de bens e serviços para instituições públicas

Art. 5º - Bens e Serviços	
I	Que os bens sejam constituídos, no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme ABNT NBR – 15448-1 e 15448-2
II	Que sejam observados os requisitos ambientais para a obtenção de certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO como produtos sustentáveis ou de menor impacto ambiental em relação aos seus similares
III	Que os bens devam ser, preferencialmente, acondicionados em embalagem individual adequada, com o menor volume possível, que utilize materiais recicláveis, de forma a garantir a máxima proteção durante o transporte e o armazenamento
IV	Que os bens não contenham substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances), tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs)

Fonte: Brasil (2015).

As compras e contratações sustentáveis da Universidade Federal de Santa Maria, onde localiza-se o Hospital Universitário objeto desse estudo, são coordenadas, planejadas e realizadas pelo Departamento de Material e Patrimônio (DEMAPA), ligado à Pró-Reitoria de Administração. As unidades da instituição enviam as necessidades de bens e serviços por meio do Sistema de Informação para o Ensino (SIE) e o DEMAPA elabora os procedimentos licitatórios para efetuar a compra ou a contratação. A Figura 7 simplifica como acontece o processo de compras e contratações de serviços.

Figura 7 – Processo de compras e contratações



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Trazendo uma interpretação da normativa para o que objetiva esse trabalho, o capítulo III, dos bens e serviços, Art 5º, dispõem de orientações que devem ser seguidas pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, quando da aquisição de bens, apresentados na forma de incisos. Embora o poder público tenha estabelecido estes critérios para aquisição de bens e serviços, utilizá-los não tem sido uma prioridade do setor da saúde, uma vez que o fator predominante e que prevalece sobre outros critérios é o preço mais baixo. No entanto, muitas vezes o preço de um produto é mais barato porque nele não estão embutidos os custos das externalidades negativas que afetam a sociedade. Os impactos ambientais de um produto ou as condições socialmente injustas de sua produção podem tornar o preço menor, mas a administração pública, que tem como finalidade o interesse público, não pode contribuir com uma cadeia produtiva que prejudique a coletividade, sob o pretexto de economizar recursos públicos.

2.3 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS VERDES

A Gestão da Cadeia de Suprimentos Verdes mostra-se como uma alternativa para as organizações alcançarem seus objetivos financeiros e, simultaneamente, reduzir os impactos ambientais, uma vez que este não é um tema restrito a um sistema produtivo. (KIRON et al., 2012; VAN HOCK; ERASMUS, 2000). O conceito de GSCM que é mais disseminado no meio acadêmico, é o de Srivastava (2007), autor de diversos trabalhos acerca do tema cadeia de suprimentos e meio ambiente. Na interpretação do que diz o autor, a gestão da cadeia de suprimentos verde é a união de uma visão ambiental na gestão da cadeia de suprimentos, levando em consideração, por exemplo, fonte e seleção de materiais, design de produtos, processos produtivos, transporte de produtos aos consumidores e o gerenciamento desse produto quando for descartado.

Dada à importância e a ampla abrangência do tema, identificou-se seis dimensões da GSCM (SHANG; LU; LI, 2010; WANG; CHAN, 2013): participação ambiental, marketing verde, fabricação e embalagem verde, fornecedores verdes, estoque verde e design ecológico. Um modelo de planejamento estratégico é proposto por Ramudhin e Chaabane (2010), onde ressaltam que componentes de controle interno e externo são essenciais para os tomadores de decisão ao implementar uma cadeia de suprimentos verde. Os autores afirmam que o escopo da GSCM deve abranger desde a implementação de programas de gestão ambiental, bem como o monitoramento dos programas através de práticas implementadas por meio dos “R” (reduzir, reutilizar, recuperar, reciclar, etc), buscando, dessa forma, a minimização dos resíduos.

Apesar do setor de saúde estar constantemente enfrentando sérios desafios competitivos, de ordens financeiras, dadas pela redução orçamentária do repasse do Governo Federal para as instituições Públicas de Saúde (PIOLA, 2017), e de ordem de gestão reconhecidas pela falta de ações pró-ativas de melhoria dos processos (NEDER, 2015), as vantagens competitivas que este setor pode obter de uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos ainda não foi bem examinado em todos seus aspectos. Além disso, a literatura atual não fornece muitos indícios de implantações de práticas ambientais no setor de saúde, sobretudo no gerenciamento da cadeia de suprimentos em hospitais. Nesse sentido, há poucos estudos que auxiliam na identificação das barreiras à implementação de melhorias ou que, direcionem para o uso das melhores práticas. Balasubramanian (2012) elenca algumas das principais barreiras para a implementação da GSCM em organizações públicas ou privadas:

- a) falta de práticas sustentáveis de GSCM na visão e missão das empresas;
- b) falta de apoio e liderança corporativa;
- c) falta de conhecimento e experiência;
- d) falta de entendimento das etapas da cadeia de suprimentos;
- e) falta de iniciativas ecológicas;
- f) falta de infraestrutura;
- g) falta de demanda e conscientização pública;
- h) falta de apoio governamental;
- i) competição e incerteza;
- j) cultura organizacional; e
- k) implicações financeiras.

É notório que os conceitos e ações sustentáveis tornaram-se essenciais para as organizações que desejam ser mais competitivo em um mercado cada vez mais dinâmico e preocupado com os efeitos da degradação ambiental. A performance de uma empresa, não se relaciona apenas com o desempenho de medidas ambientais internas, mas, sobretudo, pela forma de como essas empresas interagem com os *Stakeholders*.

A sustentabilidade associada à cadeia de suprimentos são temas que têm sido integrados por diferentes tipos de empresas, de variados segmentos mercadológicos, na busca por agregar diferencial competitivo frente aos concorrentes e se manter no mercado. A adição da sustentabilidade no desenvolvimento de modelos de gestão e estratégias empresariais tornou-se interesse de um mercado consumidor preocupado com ações socialmente responsáveis, indicando ações e projetos que absorvam as dimensões ambiental, social e ética (ROCHA; GOMES; KNEIPP, 2015).

Diante disso, a seleção de fornecedores é uma etapa estratégica indispensável para o desenvolvimento de uma rede de fornecimento sustentável. Uma avaliação de potenciais fornecedores verdes necessita que esses envolvam os princípios do *Triple Bottom Line* (planeta, pessoas e lucro), que considera operações de negócios, bem como os impactos ambientais e as responsabilidades sociais dos fornecedores (BAI; SARKIS, 2010; SARKIS; DHAVALE, 2015).

A adoção de uma gestão orientada para a sustentabilidade, que absorva os fatores ambientais, econômicos e sociais, como parte da linha estratégica de uma organização, e que estão interligados com a atividade produtiva, representa um desafio para as empresas que buscam obter vantagem competitiva.

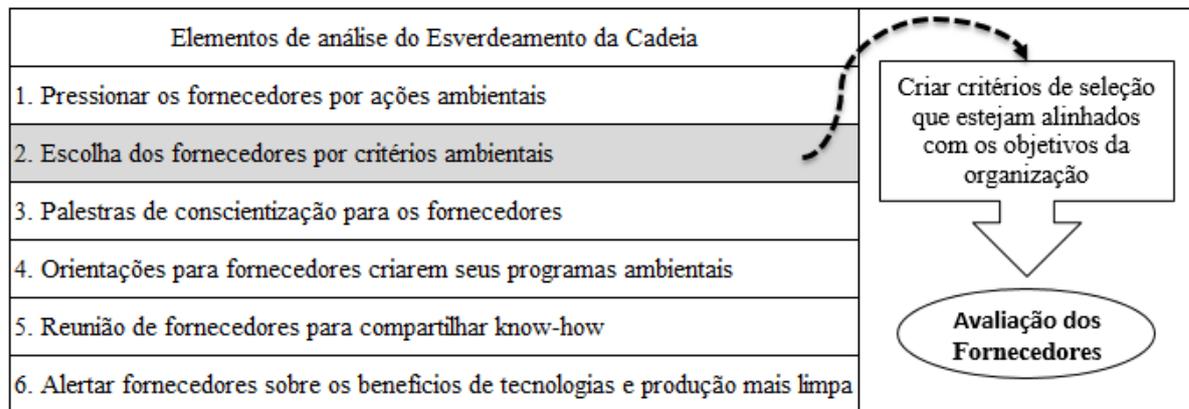
2.3.1 Avaliação e seleção de fornecedores verdes

Entre os diversos *Stakeholders* envolvidos, os fornecedores, são fundamentais para tornar a cadeia de suprimentos ambientalmente correta. Diante disso, evidencia-se que as empresas têm avaliado o desempenho ambiental de sua rede de fornecedores, buscando garantir que os materiais adquiridos estejam efetivamente de acordo com os critérios ambientais estabelecidos, bem como dentro das legislações vigentes (LABEGALINI, 2010; RAO; HOLT, 2005).

A conscientização e sensibilização quanto às decisões acerca de quais produtos serão comprados, o impacto que irá gerar nos processos de fabricação, reciclagem ou reutilização, de que forma os produtos são acondicionados para transporte, entre outras variáveis que influem no processo de compras, são fundamentais para que a organização reflita uma imagem ambientalmente responsável (WANG; CHAN, 2013).

Rao e Holt (2005) investigaram o elo entre as práticas ambientais utilizadas na GSC, a competitividade de várias organizações e o desempenho econômico, onde foi utilizado seis elementos para avaliar o grau de esverdeamento da cadeia de suprimentos, de acordo com a Figura 8.

Figura 8 – Fatores de análise do esverdeamento da cadeia de suprimentos



Fonte: Adaptado de Labegalini (2010).

Todos os elementos são considerados cruciais na análise dos fornecedores, em específico, um dos fatores versa sobre a escolha dos fornecedores por meio de critérios ambientais, o qual se insere dentro da estratégia de compra verde e que está alinhado com o que se pretende atingir com o objetivo desse trabalho.

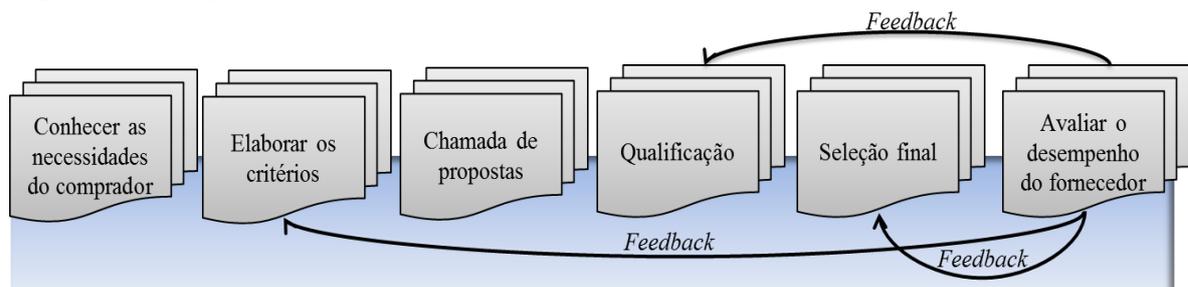
A função de compras refere-se às necessidades dos produtos ou serviços que precisam ser comprados, de acordo com determinações específicas de qualidade e quantidade. Além disso, a avaliação de fornecedores sugere que seja criada uma lista de potenciais fornecedores, bem como a consideração do desempenho passado e a determinação de critérios de seleção (MAFUD, 2010). Dessa maneira, questões-chave que devem efetivamente ser consideradas na função de compras, estão orientadas para a seleção de fornecedores e da estratégia que será utilizada (PRESOTO, 2012).

A seleção de fornecedores passou a ser peça fundamental na gestão da cadeia de suprimentos, os conceitos acerca do gerenciamento de fornecedores passaram a ganhar maior destaque, inserindo os aspectos ambientais em ascensão (AMARO; LIMA JUNIOR; 2015; YANG; WU, 2007). Diante disso, originou-se o conceito de compras verdes, que nada mais é do que uma prática consciente de compra que busca diminuir as fontes de resíduos e viabilizar que os produtos sejam reciclados e/ou reutilizados sem perder sua qualidade padrão (IGARASHI; DE BOER; FET, 2013).

As compras verdes, portanto, fazem parte de um conjunto de procedimentos que compõem as práticas da GSCM, as quais podem ser classificadas como externas e internas, sendo, as externas, compras verdes e cooperação com clientes e, as internas, eco design, gestão ambiental interna e recuperação de investimentos (JABBOUR et al., 2013; ZHU;

SARKIS, 2004;). No modelo de seleção de fornecedores verdes, proposto por Igarashi, De Boer e Fet (2013), os autores relacionam um conjunto de elementos considerados de fundamental importância no desempenho do processo de compras. A Figura 9 ilustra a sequência de etapas proposta.

Figura 9 – Seleção de fornecedores verdes



Fonte: Igarashi, De Boer e Fet (2013).

Por meio da Figura 9, percebe-se que os autores adicionaram duas etapas fundamentais na avaliação e seleção de fornecedores verdes. Primeiramente, se questiona quais são os objetivos ambientais do comprador. Após, os especialistas devem criar critérios de análise para, posteriormente, realizar a seleção e abrir a chamada para licitações (caso de instituições públicas). As empresas que atenderem todos os requisitos ambientais estabelecidos estarão qualificadas e passarão para a seleção final, onde serão decididos quais os fornecedores que estão aptos a fornecer produtos ou serviços dentro do padrão determinado.

Decidir, no entanto, não é uma tarefa fácil, dado que diversos são os fatores que podem influenciar no processo de tomada de decisão. Desta maneira, se evidencia claramente um problema característico de tomada de decisão multicritério, que busca considerar todas as variáveis que podem influenciar no desempenho da cadeia de suprimentos.

2.3.2 Critérios e técnicas de seleção de fornecedores verdes

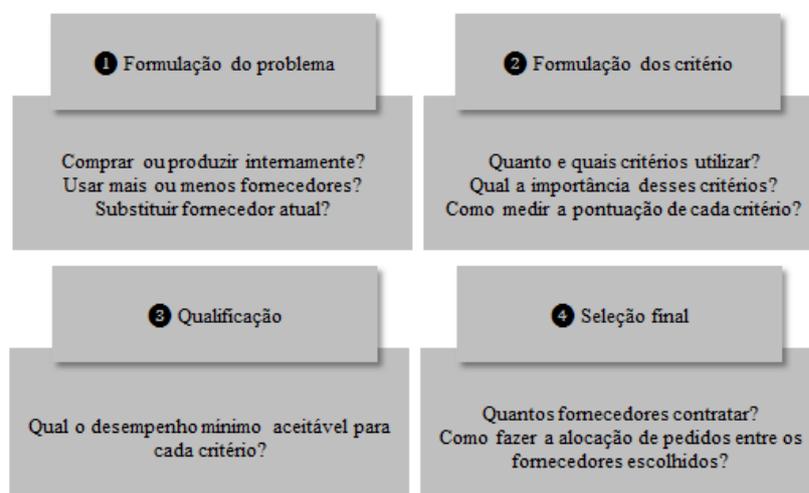
A seleção de fornecedores faz parte de um procedimento de tomada de decisão que leva em consideração fatores de incerteza, os tipos de critérios e a quantidade de tomadores de decisão. Sendo assim, escolhas certas, irão depender da definição adequada das técnicas e critérios de decisão que serão utilizados na avaliação dos potenciais fornecedores, respeitando

cada contexto organizacional (AMARO; LIMA JÚNIOR, 2015; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013).

De Boer, Labro e Morlacchi (2001) apresentam um esquema elaborado de seleção de fornecedores em quatro passos interligados, conforme Figura 10. Inicialmente, se questiona quais são os objetivos que se estima com a seleção de fornecedores. Sendo assim, é necessário que o objetivo esteja definido, claro e, sobretudo, seja economicamente viável, visto que em um cenário de troca de fornecedores, diversos fatores são envolvidos, demandando de um planejamento prévio por parte da organização.

Na etapa de formulação dos critérios, os responsáveis pela área de compras devem direcionar esforços para elaborar critérios em coesão com os objetivos inicialmente determinados pelo nível estratégico e operacional. A conversão das necessidades em critérios que expressem efetivamente o que a organização busca é uma tarefa complexa, uma vez que normalmente são conhecidas por meio de formulações qualitativas (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015).

Figura 10 – Seleção de fornecedores proposta por De Boer, Labro e Morlacchi (2001)



Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2015).

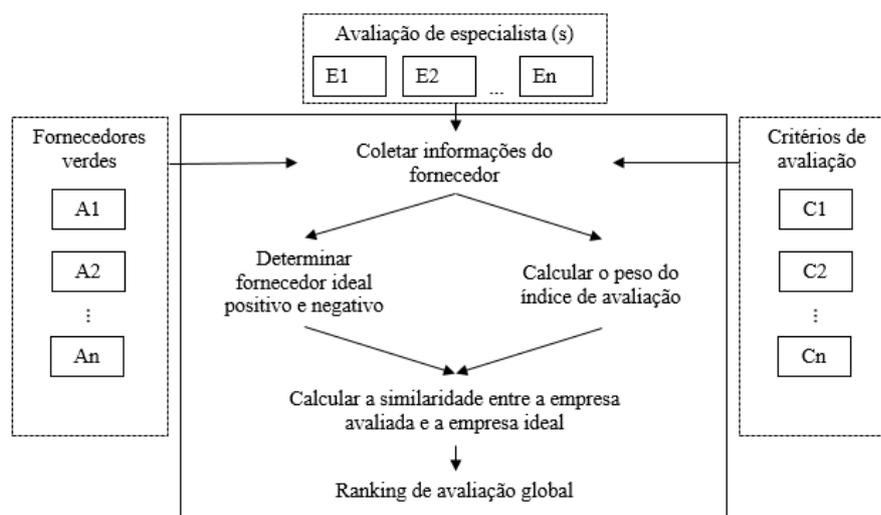
A etapa seguinte, qualificação, visa reduzir a quantidade de fornecedores candidatos em um número que possa ser avaliado de forma mais detalhada, isto é, são aqueles fornecedores que atenderam todos os requisitos determinados pela organização compradora. Esse momento que antecede a escolha final é fundamental para que não haja candidatos que

não possam atender as demandas previstas, dessa forma, utilizam-se diferentes métodos de eliminação para certificar que erros não aconteçam.

Na seleção final, última etapa proposta pelo autor, é permitido que se escolhesse entre um ou mais fornecedores, dependendo apenas das necessidades da organização. Como visto anteriormente, Igarashi, De Boer e Fet (2013), adicionam um quinto passo no processo, chamado *feedback*. Esse passo remete ao monitoramento e análise dos dados resultante das outras etapas, com a intenção de inserir nessa sequência a política de melhoria contínua.

Usualmente, os critérios fundamentais em seleção de fornecedores, são custos e qualidade. Por outro lado, recentemente, alguns autores em suas pesquisas têm utilizado critérios ambientais para auxiliar no processo de decisão de fornecedores (AFFUL-DADZIE; AFFUL-DADZIE; TURKSON, 2016; BALASUBRAMANIAN, 2012; LI; WU, 2015; JABBOUR; JABBOUR, 2009). Nesse contexto, a fim de reduzir os impactos ambientais gerados pelo conjunto de todas as atividades, sejam elas de produção ou administrativas, a gestão ambiental orienta que as empresas devem reduzir, sobretudo, os efeitos negativos de sua cadeia de suprimentos, provocando reações positivas dos *stakeholders* (MAFUD, 2010). O processo de seleção de fornecedores verdes inicia com uma busca por informações pertinentes do grau de sustentabilidade dos fornecedores que serão avaliados. A avaliação ocorre por meio do julgamento de especialistas e agregados. Um esquema de como funciona esse processo pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Processo de Seleção de fornecedores verdes pelo método *Fuzzy* TOPSIS



Tais critérios representam os requisitos qualitativos ou quantitativos que serão criados pela organização, a fim de filtrar as empresas que atendam a todos os pontos considerados essenciais para o desempenho da cadeia de suprimentos. A construção desses critérios vai ao encontro dos objetivos estratégicos de cada organização, viabilizando uma análise completa para fins específicos.

Diante disso, nota-se que na literatura há diversos estudos que têm utilizado critérios para avaliação e seleção de fornecedores verdes. O Quadro 3 apresenta os critérios ambientais geralmente utilizados pelos respectivos autores em estudos que envolvem a seleção de fornecedores, bem como a contribuição de cada pesquisa.

Quadro 3 – Critérios utilizados para seleção de fornecedores verdes

(continua)

Critérios de seleção de fornecedores verdes	Contribuição	Referencias
Certificações ambientais, gestão de resíduos, gestão da poluição por resíduos tóxicos, certificação ISO 14000, logística reversa, reciclagem, embalagens sustentáveis, gestão da emissão de gases perigosos.	Critérios ambientais de seleção de fornecedores; Benefícios da seleção ambiental de fornecedores	Walton, Handfield e Melnick (1998)
Certificação ambiental, reciclagem, usa de energia, geração de resíduos, poluição do ar e da água, reuso de materiais, tecnologias limpas, pressão ambiental.	Elaboração de um quadro para integração de fatores ambientais no processo de seleção de fornecedores	Humphreys, Wong e Chan (2003)
Qualidade, custo, preço, flexibilidade, práticas verdes, logística reversa, reciclagem, reuso de materiais, produção, tecnologias limpas.	Proposta de um modelo híbrido (DEMATEL, ANP e TOPSIS) para avaliação de fornecedores verdes	Büyüközkan e Çifçi (2012)
Poluição de produção, consumo de recursos sustentáveis, imagem verde, sistema de gestão ambiental, comprometimento da direção, tecnologias limpas, uso de materiais verdes, formação ambiental.	Proposta de uma abordagem multifacetada <i>fuzzy</i> para avaliação de fornecedores	Shen et al. (2013)
Qualidade de serviço, imagem verde, uso de materiais verdes, produto verde, transporte sustentável, logística reversa, design verde.	Revisão de literatura sobre critérios ambientais	Bali, Kose e Gumus (2014)

(conclusão)

Tempo, qualidade, preço, governança de carbono, poluição, uso de energia, processos, compras verdes, matéria prima, controle de estoque, logística reversa, reuso de materiais.	Proposta de uma abordagem de tomada de decisão <i>delphi fuzzy</i> e <i>fuzzy TOPSIS</i> para seleção de fornecedores	Wang (2015)
Transporte sustentável, marcas, qualidade do produto, preço, relação com os clientes, compras verdes.	Método de análise de relações cinza (GRA) com números <i>fuzzy</i> para seleção de fornecedores	Zakeri e Keramati (2015)
Governança de carbono, política de carbono, compra de baixo carbono, preço, compras verdes, qualidade do produto.	Propor um modelo híbrido para tomada de decisão (ANP e <i>Fuzzy TOPSIS</i>) para seleção de fornecedores verdes	Kuo, Hsu e Chen (2015)
Certificações ambientais, reciclagem, uso de energia, geração de resíduos, poluição do ar e da água, reuso de materiais, tecnologias limpas, pressão ambiental.	Revisão de literatura sobre critérios ambientais	Gurel et al. (2015)
Índice de eficiência, ativos de investimento sustentável, fontes renováveis de eletricidade, reciclagem, uso de energia, uso de água, pressão ambiental.	Uso do método TOPSIS para avaliação da sustentabilidade sob três dimensões da sustentabilidade	Afful - dadzie, Afful - dadzie e Turkson (2016)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na literatura analisada foram identificados diversos critérios de avaliação e seleção de fornecedores verdes, embora a maioria dos autores alerte que os critérios são fatores que devem estar alinhados com os objetivos estratégicos de cada organização. A determinação adequada dos critérios usados para seleção de fornecedores verdes, bem como os métodos de análise utilizados, são etapas fundamentais no desenvolvimento de qualquer pesquisa. A Figura 12, com base no Quadro 3, expõe a frequência dos critérios utilizados, por meio de palavras chave.

- b) Os critérios devem ser elaborados de maneira coerente com as metas de desempenho e os objetivos estratégicos estipulados;
- c) A organização compradora deve desenvolver caminhos efetivos de mensurar o desempenho dos fornecedores em relação aos critérios definidos; e
- d) A divisão dos objetivos da empresa em critérios de seleção demanda a presença de gestores de diferentes funções da empresa, como qualidade, logística e compras.

Ações ambientalmente sustentáveis sejam elas de qualquer dimensão, podem impactar diretamente no desempenho da cadeia de suprimentos. Diante disso, as empresas começaram gradualmente a demonstrar interesse por inserir práticas verdes em suas operações, sobretudo, na seleção de fornecedores (KANNAN; JABBOUR; JABBOUR, 2014). Nesse cenário, quando a organização passa a considerar critérios ambientais, o processo de compras verdes engloba, também, as ações ambientais que o fornecedor desenvolve (BRONDI et al., 2014).

Tendo em vista as informações expostas, denota-se uma grande variedade de critérios que podem ser incorporados para auxiliar no processo de tomada de decisão envolvendo seleção de fornecedores. Nesse caso, recomenda-se o uso de técnicas de análise multicritério para dar apoio no momento de decisão (ASHLAGI, 2014; WANG; LEE, 2007) em particular, métodos que modelem a incerteza que faz parte da imprecisão do julgamento humano.

Diante disso, a abordagem *fuzzy* é recomendada por tratar de modelagens complexas que englobam elementos qualitativos e quantitativos, dado que muitos processos decisórios são embasados em variáveis linguísticas que reproduzem elementos do pensamento humano (GALO et al., 2016). Além do método *fuzzy*, outros métodos são usados para tomada de decisão em seleção de fornecedores. Os métodos *Fuzzy-DEMATEL*, *Fuzzy-AHP*, *DEA*, *Grey Entropy*, *Fuzzy TOPSIS* e Redes Neurais, são apenas algumas de uma enorme quantidade de técnicas disponíveis.

2.4 LÓGICA CONVENCIONAL VERSUS LÓGICA FUZZY

A lógica clássica utiliza determinações bem claras que buscam separar conjuntos. Da mesma forma, essa separação, na maioria dos casos, é um processo complexo e que não exprimi a veracidade do problema a ser modelado. Nesse contexto, a lógica *fuzzy*,

fundamentada na teoria dos conjuntos *fuzzy*, diferencia-se das técnicas lógicas tradicionais por apresentar características próprias (GOMIDE; GUDWIN; TANSHEIT, 1995; SOUSA; BOENTE, 2016).

A lógica *fuzzy*, originalmente criada por Zadeh, em 1965, procura traduzir o modo como as pessoas pensam, de forma que a linguagem comum seja modelada para expressar efetivamente respostas mais precisas. Além disso, demonstra-se como sendo um método matemático promitente para modelagens que combinam elementos de subjetividade, incerteza, ambiguidade e imprecisão. Em suma, a lógica *fuzzy* pode unir o conhecimento objetivo (fórmulas e equações) com o conhecimento subjetivo (informações verbais) em benefício da resolução de problemas (LANZILLOTTI; LANZILLOTTI, 1999).

O início do desenvolvimento da teoria dos conjuntos *fuzzy* parte de um acréscimo da teoria dos conjuntos clássica, cuja identificação de um componente como parte ou não de um conjunto é definida por uma determinada função característica (FRANÇA, 2014). Entretanto, para uma conjuntura onde os cenários não estão bem definidos, ou seja, se apresentam de maneira imprecisa (ZADEH, 1965), é recomendado que se utilize a função de pertinência, da qual a imagem deixa de ser o conjunto de $\mu_a(X): \rightarrow \{0,1\}$, da função característica, e passe a tomar a forma de um intervalo $\mu_a(X): \rightarrow [0,1]$, condicionando para que o elementos pertencentes ao intervalo possam fazer parte de um conjunto específico (SOUSA; BOENTE, 2016; ORTEGA, 2001).

De acordo com França (2014) a ampliação da “função característica” para a “função de pertinência” no intervalo $[0,1]$, foi o marco dos conjuntos *fuzzy*, viabilizando, portanto, o uso de variáveis linguísticas e consequentemente reduzindo o grau de incerteza no desenvolvimento de diversos sistemas.

2.4.1 Variáveis linguísticas

Uma variável linguística (ou *fuzzy*) é aquela cujos valores são representados de forma qualitativa, por meio de termos linguísticos (que dá característica a variável) e quantitativamente por uma função de pertinência (GANGA; CARPINETTI; POLITANO, 2011). O pensamento desses autores vai ao encontro de outros, de modo que as variáveis linguísticas, nada mais são do que variáveis das quais os valores são denominações de conjuntos *fuzzy* (GOMIDE; GUDWIN; TRANCHEIT, 1995).

Diante disso, uma determinada variável linguística pode ser utilizada para expressar o modo impreciso e, portanto, linguístico, de qualquer problema. Todavia, essas variáveis,

diferentemente das numéricas, permitem somente valores previamente determinados na linguagem *fuzzy*. Uma vez que os critérios de avaliação têm origem causal e abrangem diversos fatores complexos, a escala linguística *fuzzy* é utilizada para tomada de decisão, conforme exemplo apresentado na Tabela 1.

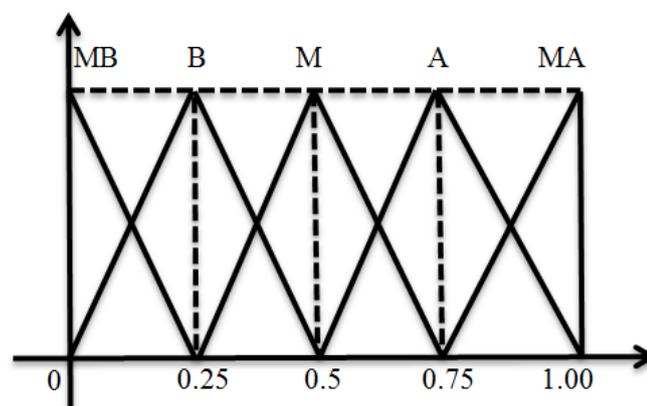
Tabela 1 – Correspondência de termos linguísticos e valores linguísticos

Termos linguísticos	Valores linguísticos
Muito baixo (MB)	(1.0, 1.0, 3.0)
Baixo (B)	(1.0, 3.0, 5.0)
Médio (M)	(3.0, 5.0, 7.0)
Alto (A)	(5.0, 7.0, 9.0)
Muito alto (MA)	(7.0, 9.0, 9.0)

Fonte: Uygun e Dede (2016).

Esses termos servem como modificadores dos conjuntos *Fuzzy* (da intensidade nos números *fuzzy*), por exemplo, os advérbios, muito, pouco, extremamente, quase, entre outros. Estes podem ser considerados como elevadores do grau de pertinência, ou seja, aumentam a área de abrangência do conjunto *Fuzzy*. Ainda, os termos linguísticos podem ser representados por meio de uma escala gráfica, de acordo com o exemplo da Figura 13.

Figura 13 – Escala *fuzzy* triangular de valores linguísticos



Fonte: Uygun e Dede (2016).

Analogamente, existem expressões diminuidoras, as quais tem a mesma utilidade dentro dos conjuntos *fuzzy*, entretanto, diminuem a área de pertinência (SOUSA; BOENTE, 2016). Sendo assim, é importante a utilização de variáveis linguísticas na modelagem de

problemas de tomada de decisão, visto que refletirão o modo impreciso dos julgamentos humanos, transformando em variáveis quantitativas.

2.4.2 Conjuntos *Fuzzy*

Em diversas situações, baseadas na subjetividade e imprecisão de informações advindas de seres humanos, os valores coletados não são suficientes (OLFAT; GOVINDAN; KHODAVERDI, 2013). A Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, conforme citada na seção anterior, foi elaborada com base na suposição de que o elemento central do julgamento humano não se resume apenas a números, mas termos linguísticos ou rótulos de conjuntos *Fuzzy* (ROSTAMZADEH et al., 2015).

A teoria dos conjuntos *Fuzzy* foi desenvolvida para auxiliar na resolução de problemas que apresentem imprecisão e incerteza do pensamento cognitivo do ser humano, por meio de elementos matemáticos que permitam uma associação parcial do conjunto. Os diferentes problemas de tomada de decisão, com intensidade específicas que cada caso impõe, indicam que os efeitos podem ser imprecisos se a falta de assertividade das informações humanas não for levada em consideração (ROSTAMZADEH et al., 2015).

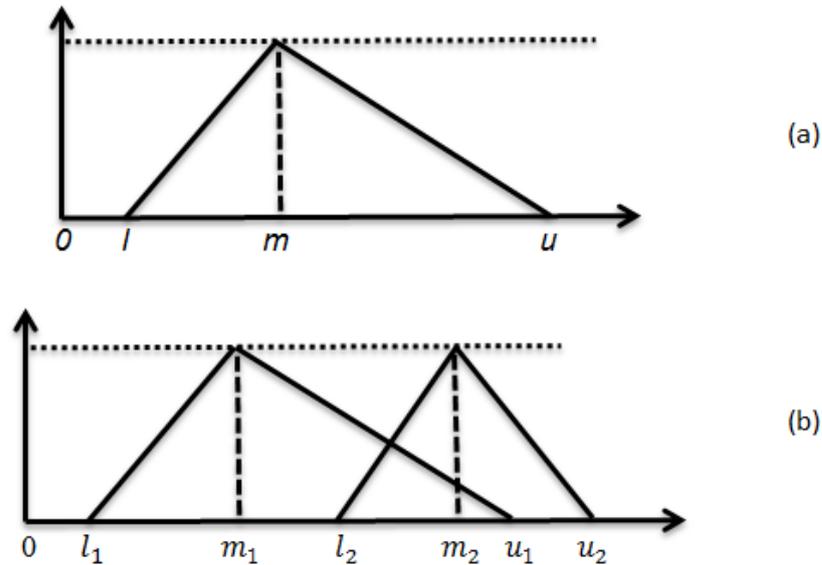
Por meio do uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy*, as variáveis linguísticas são usadas para calcular a imprecisão dos julgamentos humanos, com pesos e classificações, na sequência, são convertidos em números *fuzzy* (NF), buscando tornar clara a interpretação do problema e, dessa forma, facilitando para resolvê-lo (KANAN; POKHAREL; KUMAR, 2009; ROSTAMZADEH, 2014).

O modelo dos conjuntos *Fuzzy* analisa opções entre os critérios que foram escolhidos, de modo que a adequação de critérios versus alternativas, assim como o peso dos critérios, podem ser classificados em valores linguísticos representados por números *fuzzy* (CHUA; LIN, 2009). As variáveis linguísticas, por sua vez, não são compreendidas de forma clara por não apresentarem elementos matemáticos, portanto, para superar esse obstáculo, cada elemento linguístico está relacionado a um NF que caracteriza o significado de cada termo verbal (ZHANG et al., 2011).

Diversos estudos têm aplicado extensivamente a teoria dos conjuntos *Fuzzy*, devido à necessidade de refletir precisamente as incertezas do julgamento humano (CHUA; LIN, 2009). Existem duas formas de classificação dos NF, os números *fuzzy* triangulares e os trapezoidais (NFT), ambos são largamente usados em diversos estudos (CHUA; LIN, 2009; EROL et al., 2014; GALO et al., 2016; KANNAN et al., 2014; WANG; LEE, 2007). Um

NFT pode ser descrito no formato (l, m, u) , conforme visto na Figura 14, onde l e u são os limites inferior e superior do número *fuzzy* \tilde{A} , respectivamente, e m representa o valor mediano.

Figura 14 – Número fuzzy triangular (a) e números fuzzy triangulares (b)



Fonte: Zakeri e Keremati (2015).

Um NF deve satisfazer o conceito de um número real. A função de associação de um NF tem de atender as circunstâncias de normalidade e convexidade (LIANG et al., 2013). Um NF é um conjunto *Fuzzy*, cuja função de pertinência deve atender as condições de normalidade, de modo que $\tilde{A}(x) \ x \in X = 1$, de acordo com a seguinte equação:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_2 & \cdots & C_3 \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_n & \tilde{x}_{n1} & \cdots & \tilde{x}_{n2} & \cdots & \tilde{x}_{nm} \end{matrix}$$

A FST tem sido usada como um método bastante eficiente de aplicação em diversas áreas, até mesmo complementando com outras técnicas já existentes, como por exemplo, o método TOPSIS (AFFUL-DADZIE; AFFUL-DADZIE; TURKSON, 2016; BÜYÜKÖZKAN; ÇİFÇİ, 2012; WANG, 2015). Para trabalhar com a teoria dos conjuntos *Fuzzy*, são utilizadas

regras matemáticas, com o objetivo de obter consequentes. Em vista disso, para criar uma base de regras, é necessário de um raciocínio coerente e que vá ao encontro do que se pretende obter.

2.4.3 Sistema de inferência *fuzzy*

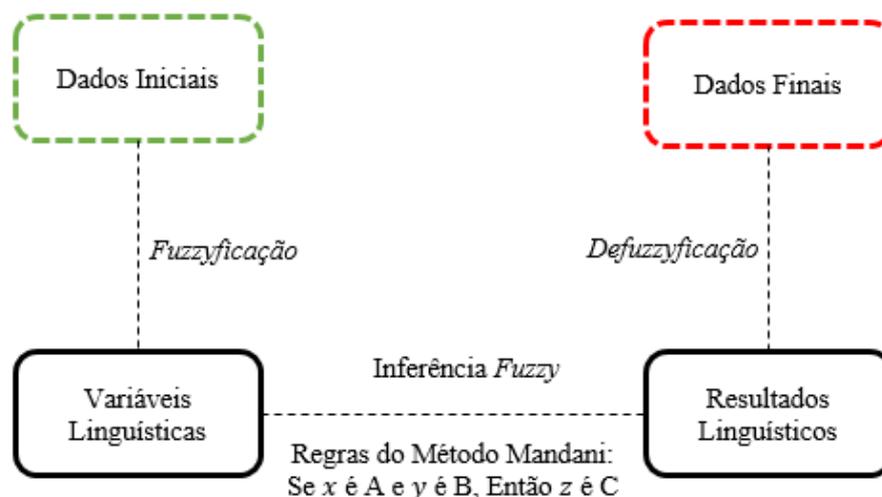
Um conjunto baseado em normas utiliza o conhecimento teórico ou empírico, de pessoas especializadas em algum assunto, que tem a intenção de solucionar problemas e auxiliar no processo de tomada de decisão. Desse modo, o conhecimento humano é traduzido em regras e, posteriormente, processado, por algum método de inferência.

Um sistema baseado em regras *fuzzy*, é composto por conjuntos *fuzzy*, sendo que o método de inferência faz uso da lógica *fuzzy* para a realização dos cálculos, fornecendo saídas para cada uma das entradas *fuzzy*. Sendo assim, as regras de inferência são expressas como declarações do tipo “Se – Então”, existindo dois métodos diretos de raciocínio *fuzzy*:

- a) método direto de Mandani; e
- b) modelagem *fuzzy* de Takagi-Sugeno.

O método de Mandani é o mais utilizado e que se baseia em uma estrutura simples de operações lógicas, sendo dividido em quatro etapas, de acordo com a Figura 15.

Figura 15 – Sistema baseado em regras fuzzy



A fase da *fuzzyficação* compreende o processo de definição dos elementos de entrada e de saída, bem como das funções de pertinência. A atuação do especialista nesta etapa é muito importante, pois é o momento em que serão definidas as variáveis linguísticas. A inferência *fuzzy* é um processo de avaliação das entradas com o propósito de, por meio das regras que foram definidas, obter conclusões mediante o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy*.

A base de regras acrescenta a utilização de operadores para múltiplos antecedentes e de métodos de inferência dos antecedentes para o consequente. Uma regra geralmente é formada de duas partes principais (ALMEIDA; EVUSKOFF, 2003):

SE <antecedente> ENTÃO <consequente>

Sendo que o antecedente é construído a partir de determinadas condições, já o consequente é composto por um conjunto de ações, classificações ou diagnósticos.

A última etapa, a *defuzzyficação*, é visto com um processo inverso a *fuzzyficação*, cujo tem como objetivo transformar a saída *fuzzy* em valores reais. Entre os métodos de *defuzzyficação* mais populares, têm-se: centro dos máximos, centro de gravidade e média dos máximos (FRANÇA, 2014). O método mais difundido é o centro de gravidade, o qual é análogo à média ponderada para distribuição de dados, todavia, os pesos são valores que indicam o grau de conformidade com o conjunto *fuzzy*.

2.5 OS MÉTODOS TOPSIS E FUZZY TOPSIS

Dois métodos extensivamente explorados em problemas de MCDM, conhecidos como TOPSIS (HWANG; YOON, 1981) e *Fuzzy* TOPSIS (CHEN, 2000), o último referindo-se a uma extensão do primeiro. Diferente de combinações de métodos conhecidos, como AHP, ANP, *Fuzzy* AHP e *Fuzzy* ANP, o método TOPSIS e o *Fuzzy* TOPSIS possibilitam a utilização de uma quantidade ilimitada de critérios para qualificar uma quantidade ilimitada de alternativas (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015).

Ainda que, esses métodos sejam elaborados a partir de princípios iguais, onde o que se busca é a identificação da proximidade da solução ideal positiva e negativa, os mesmos se diferenciam quanto à lógica que fundamenta seus cálculos matemáticos.

A técnica TOPSIS é um método de múltiplos critérios para identificar um conjunto finito de alternativas traçando as distancias entre a solução ideal positiva e a solução ideal negativa, isto é, entende-se que a solução ótima deve estar mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa (BÜYÜKÖZKAN; ÇIFÇI, 2012). Ainda,

incorpora apenas valores numéricos absolutos em formato *crisp* e embasados na lógica clássica. Em alternativa, o método *Fuzzy* TOPSIS acrescenta a lógica *fuzzy* para realizar operações algébricas com valores numéricos intervalares (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015).

Embora os dois métodos tenham objetivos semelhantes, a forma como ambos são desenvolvidos diferem em diversos aspectos. O Quadro 4 demonstra as principais diferenças entre o método TOPSIS e *Fuzzy* TOPSIS, ainda que em alguns pontos, os dois são semelhantes ou iguais.

Quadro 4 – Comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy TOPSIS

Pontos avaliados Métodos	Quantidade de julgamentos necessários	Scores dos fornecedores e pesos	Desempenho global dos fornecedores	Solução ideal positiva	Solução ideal negativa	Cálculo das distâncias	Consistência dos resultados
TOPSIS	$nm + m$	Indicada por valores numéricos <i>crisp</i>	Feita em formato <i>crisp</i> entre [0,1]	Seleciona-se o melhor resultado das alternativas	Seleciona-se o pior resultado das alternativas	Método da distância euclidiana normalizada	Adicionar novas alternativas pode causar inversões no <i>ranking</i>
<i>Fuzzy</i>-TOPSIS	$nm + n$ (mais valores para termos linguísticos)	Valores linguísticos <i>fuzzy</i>	Formato <i>crisp</i> entre [0,1]	Definida como (1.0,1.0,1.0) para todos critérios	Definida como (0.0,0.0,0.0)	Método <i>vertex</i>	É permitida a adição de novas alternativas pois não alterem o <i>ranking</i>

Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2015).

Conclui-se, portanto, que a utilização da metodologia *Fuzzy* TOPSIS é mais apropriada que o TOPSIS em cenários de incerteza, em que existe a dificuldade de se conhecer, de forma clara, as informações a respeito do desempenho dos fornecedores (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015). Além disso, o método *Fuzzy* TOPSIS é considerado mais adequado por absorver variáveis qualitativas e converte-las em variáveis quantitativas, permitindo a avaliação do grau de imprecisão com base nos valores dos números *fuzzy*.

3 METODOLOGIA

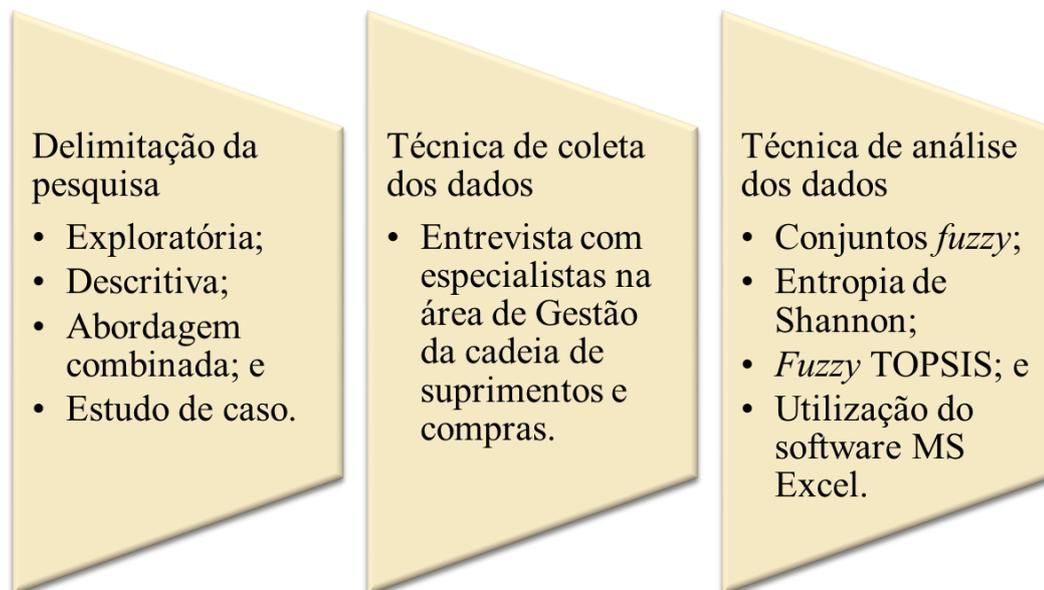
3.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

O método de pesquisa se apresenta como sendo a premissa sobre como o conhecimento é construído. A determinação do método científica que é utilizado em uma pesquisa deve levar em consideração dois fatores (DRESH; LACEDA; ANTUNES JUNIOR, 2015): o princípio da pesquisa (um *gap* teórico ou a origem de um problema prático) e os objetivos do estudo.

O desenvolvimento da proposta metodológica apresentada nesta dissertação busca simular a utilização dos métodos da Entropia de Shannon e *Fuzzy* TOPSIS em um cenário de seleção e avaliação de fornecedores verdes no HUSM. Dessa maneira, por meio da determinação dos critérios ambientais e do julgamento linguístico dos especialistas, pretende-se contribuir para tornar mais eficiente o processo de tomada de decisão para a organização.

Sendo assim, a Figura 16 sintetiza as informações referentes ao tipo de pesquisa, técnica de coleta dos dados e as técnicas de análise dos dados.

Figura 16 – Características do procedimento metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Hospital Público Universitário de Santa Maria (HUSM), onde a pesquisa foi desenvolvida, fica localizado na Região central do Rio Grande do Sul. É considerado como um Hospital-Escola, uma vez que está vinculado a uma Universidade Federal para fins de ensino, pesquisa e extensão e a uma empresa privada para fins de coordenação administrativa e gestão em saúde. Os atendimentos prestados à comunidade são realizados nos 403 leitos, sendo 354 da unidade de internação e 49 da unidade de tratamento intensivo, além de possuir 58 salas de ambulatórios, 10 salas para atendimento de emergência, 7 salas de centro cirúrgico e 2 salas de centro obstétrico. Em relação ao corpo de funcionários, a equipe é composta por 169 docentes, 1.805 funcionários de nível básico, médio e superior, 597 funcionários de serviços terceirizados, além de mais de 2.000 alunos-estagiários da Universidade, entre eles acadêmicos, residentes, mestrandos e doutorandos.

Este estudo tem a intenção de abordar tanto o tema de fornecedores verdes, que é uma temática latente, assim como os métodos propostos para tomada de decisão, soma-se a isso, o local onde a pesquisa é desenvolvida, o qual se mostra ser um setor que carece de investigações direcionadas à gestão da cadeia de suprimentos. Para atingir o objetivo inicialmente proposto, delimitou-se o desenvolvimento da pesquisa no Setor de Almoxarifado (SA) do HU. A partir da necessidade de insumos identificada no SA, por meio do controle de estoque, ou por requisições de setores administrativos e da saúde, é realizada uma solicitação de compra ou contratação de serviços ao DEMAPA, que posteriormente abre os procedimentos licitatórios.

Com base nas reuniões realizadas com os gestores do SA, foi identificada uma solicitação de compra emergencial de Seringas Retrátéis de Segurança (SRS) para o setor de saúde, visto que a última compra realizada, do Fornecedor X, não atendeu de maneira satisfatória os médicos, enfermeiros e técnicos em enfermagem que fazem uso do produto. A Seringa é um recipiente utilizado para o preparo e administração do medicamento, seus componentes básicos são: êmbolo, corpo e bico. Por se tratar de um produto de uso comum dentro do HU, sendo utilizados em procedimentos básicos de saúde, como vacinas, exames de sangue e administração de soros, ficou definido, em concordância com o entendimento dos gestores do SA, de que o produto SRS e seus três principais fornecedores (A_1, A_2, A_3) fariam parte deste estudo. Além disso, a justificativa pela escolha desse produto fundamenta-se nos três pilares da *Tripple Bottom Line* (pessoas, planeta e lucro). Na perspectiva de preocupação ambiental, entende-se que por possuir uma estrutura composta predominantemente de plástico, o descarte inadequado pode causar sérios danos ao meio ambiente. Sob a ótica da responsabilidade social, o produto oferece altos riscos de

contaminação se expostos/descartados de maneira incorreta e em locais inadequados, tanto para a população quanto para o meio ambiente. Na visão econômica, por se tratar de um produto de alta demanda dentro do HU, erros na seleção de fornecedores podem refletir em perdas de qualidade na prestação do serviço, comprometer a saúde e segurança dos pacientes e fazer com que processos de compras sejam abertos de forma emergencial, elevando os custos em relação a compras de novos produtos de fornecedores diferentes.

O método proposto para tomada de decisão é baseado no julgamento linguístico de especialistas acerca da importância e do desempenho dos critérios definidos. Sendo assim, o procedimento de coleta dos dados foi realizado por meio de uma entrevista na modalidade aberta com três especialistas (E's) do setor de gestão da cadeia de suprimentos. Os dados foram coletados a partir de três reuniões realizadas com os especialistas no HU. Quanto a formação de cada um dos entrevistados, o Especialista 1 (E1) tem formação na área de Administração com especialização em Gestão Pública, o Especialista 2 (E2) tem formação em Engenharia Elétrica e Mestrado em Engenharia de Produção e o Especialista 3 (E3) possui formação na área de Administração com especialização em Compras Públicas. Juntamente com os especialistas, foram definidos os critérios ambientais para avaliar e selecionar o fornecedor do produto SRS com o melhor desempenho ambiental. Diversos critérios ambientais retirados da literatura foram apresentados aos entrevistados e coube a eles definirem os que mais enfatizassem a problemática de seleção de fornecedor do produto determinado.

3.2 CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES

A primeira reunião serviu, sobretudo para explicar os objetivos da pesquisa, definir um produto e seus fornecedores para serem avaliados e estabelecer os critérios ambientais. A definição de critérios adequados e viáveis é uma parte fundamental para que se obtenham resultados robustos que possam formar a base da tomada de decisão, portanto, dentre os critérios apresentados aos especialistas, foram escolhidos 7 critérios ambientais que mais se alinhavam aos objetivos estratégicos do HU e às condições previstas em processos de licitação. A Tabela 2 apresenta os critérios utilizados neste estudo e suas respectivas definições.

Tabela 2 – Critérios ambientais selecionados

Critério	Nome	Definição	Referência
C ₁	Reciclagem e Gerenciamento de Resíduos	Utilização de materiais que sejam reciclados, reutilizáveis ou biodegradáveis, e que reduzam a necessidade de manutenção, conforme determina o CONAMA.	Modak et al., 2017; Entezaminia; Heydari; Rahmani, 2016; Tong; Tao; Lifset, 2017; Asrawi; Saleh; Othman, 2017; Tramarico; Salamon; Martins, 2017; Geng; Mansouri; Aktas, 2017; Gupta; Barua, 2017;
C ₂	Logística Reversa	Práticas de desfazimento sustentável ou reciclagem dos bens inservíveis para o processo de reutilização.	Vijayvargy et al., 2017; Kirilova; Bancheva, 2017; Wang et al., 2016; Heineke; Ozcan; Reefke, 2017; Jabbour et al., 2017
C ₃	Sistema de Gestão Ambiental	Certificação ISO 14000 que enfatize as seguintes normas: ISO 14031 (Desempenho ambiental), ISO 14020 (Rotulagem ambiental) e ISO 14040 (Análise do ciclo de vida).	Awasthi et al., 2010; Mangla et al., 2015; Vijayvargy et al., 2017
C ₄	Embalagem	Embalagem adequada em termos de volume e materiais recicláveis/reutilizáveis.	Kuo et al., 2010; Liao et al, 2016; Gupta; Barua, 2017
C ₅	Compromisso dos Gestores com a GSCM	Empenho e suporte dos gestores para tornar a adoção de práticas verdes parte dos objetivos estratégicos da organização.	Bai; Sarkis, 2010; Scur; Barbosa, 2017; Hassanzadeh; Barzoki, 2017
C ₆	Ecomarketing	Estratégia de marketing que foca nos benefícios dos produtos, do modo de produção e da postura da empresa em relação ao meio ambiente. Trata-se de ter uma atitude real de transformação e responsabilidade ambiental, social, cultural e econômica.	
C ₇	Consumo de recursos	Apresenta sistemas de controle de água e energia elétrica, além de apresentar alternativas sustentáveis para reduzir o uso de matérias-primas nos processos de fabricação.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Com base nos 7 critérios selecionados foi realizada uma avaliação, quanto a importância e o desempenho dos critérios, de acordo com o julgamento dos especialistas, a respeito de 3 potenciais fornecedores do produto SRS.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 Método de peso de Entropia de Shannon

O método do peso de entropia foi adaptado da termodinâmica aos sistemas de informação (Shannon, 2001). A incerteza dos sinais nos processos de comunicação é denominada de “entropia de informação”, portanto quanto menor for a entropia de informação, maior será o peso. Assumindo que existem m alternativas para avaliar e n critérios de avaliação, $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$, é a matriz de decisão inicial da questão de avaliação. Nesse contexto, para calcular pesos de critérios por meio da entropia de Shannon, dada pela distância entre números triangulares *fuzzy* (PRASCEVIC; PRASCEVIC, 2012), os dados *fuzzy* são convertidos em dados *crisp* com o método de centro de área (HSIEH et al., 2004), onde:

$$x_{ij} = \frac{[(u_{ij}-l_{ij})+(m_{ij}-l_{ij})]}{3} + l_{ij} \quad (1)$$

A matriz de decisão é normalizada:

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (2)$$

A entropia de informação é definida:

$$E_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

Peso obtido da entropia de informação:

$$w_j = (1 - E_j) / (n - \sum_{j=1}^n E_j) \quad (4)$$

3.3.2 Conjuntos Fuzzy e números Fuzzy

Quanto as etapas dos Conjuntos *Fuzzy*, inicialmente, é feita a modelagem de acordo com a FST. A estrutura dos números *fuzzy*, a qual é regida por sua função de pertinência associada $\mu_a(X)$, possibilita a mensuração da imprecisão das informações coletadas. A função de pertinência em X é $\mu_a(X): \rightarrow [0,1]$, representada da seguinte forma:

$$\text{Sendo } \mu_a(X) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{se } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & \text{se } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{se } x \geq a_3 \end{cases} \quad (5)$$

A condição de um número *fuzzy* auxilia a estimar a imprecisão de uma informação, a qual é determinada através do comportamento da função $\mu_{\tilde{a}}(x)$. Um NFT pode ser representado na forma $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$, sendo que a_2 demonstra um valor *crisp* para o conjunto *fuzzy*, a_1 é o limite inferior e a_3 é o limite superior (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013; ZAKERI; KEREMATI, 2015). De acordo com Awasthi et al. (2010), as etapas que devem ser seguidas para a realização dos cálculos, dados dois números triangulares *fuzzy* $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ e $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$:

(i) Adição de 2 NFT:

$$\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad a_1 \geq 0, b_1 \geq 0 \quad (6)$$

(ii) Subtração de 2 NFT:

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad a_1 \geq 0, b_1 \geq 0 \quad (7)$$

(iii) Multiplicação de 2 NFT:

$$\tilde{A}_1 \times \tilde{A}_2 = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad a_1 \geq 0, b_1 \geq 0 \quad (8)$$

(iv) Divisão de 2 NFT:

$$\tilde{A}_1 / \tilde{A}_2 = (a_1/b_1, a_2/b_2, a_3/b_3) \quad a_1 \geq 0, b_1 \geq 0 \quad (9)$$

3.3.3 Método *Fuzzy* TOPSIS

Após, parte-se para o método *Fuzzy* TOPSIS, cujo se apoia na lacuna entre as pontuações dos critérios e alternativas e as soluções ideais positivas e negativas. Os passos adotados são expostos a seguir (CHEN, 2000; LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2014; UYGUN; DEDE, 2016; ZAKERI; KEREMATI, 2015):

Passo 1: Atribuição de avaliações aos critérios e às alternativas.

Suponhamos que existam J possíveis candidatos denominados $A = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ que são qualificados por n critérios, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$. Os pesos dos critérios são indicados por $w_i (i = 1, 2, \dots, m)$. As avaliações do desempenho de cada decisor $D_k (k = 1, 2, \dots, k)$ para cada alternativa $A_j (j = 1, 2, \dots, n)$ em relação aos critérios $C_i (i = 1, 2, \dots, m)$ são expressas por $\tilde{R}_k = \tilde{x}_{ijk} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K)$ com função de associação $\mu_{\tilde{R}_k}(x)$.

Passo 2: Cálculo das classificações agregadas *fuzzy* para os critérios e as alternativas.

Sendo as classificações *fuzzy* de todos os tomadores de decisão representadas por números triangulares *fuzzy* $\tilde{R}_k = (a_k, b_k, c_k)$, $k = 1, 2, \dots, K$, então a classificação agregada é dada por $\tilde{R} = (a, b, c)$, onde $a = \min_k \{a_k\}$, $b = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_k$, $c = \max_k \{c_k\}$.

Se a classificação *fuzzy* e o peso de importância do tomador de decisão são $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ e $\tilde{w}_{ijk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3})$, $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$, logo, as classificações *fuzzy* agregadas (\tilde{x}_{ij}) de alternativas em relação a cada critério são dadas por $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$. Os pesos *fuzzy* agregados (\tilde{w}_{ij}) de cada um dos critérios são obtidos por $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ onde:

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\} \quad (10)$$

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk}, c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (11)$$

Passo 3: Matriz de decisão *fuzzy*.

A matriz de decisão *fuzzy* para as alternativas (\tilde{D}) e critérios (\tilde{W}) é construída da seguinte forma:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_2 & \cdots & C_n \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & \tilde{x}_{21} & \cdots & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (13)$$

Passo 4: Normalizar a matriz de decisão *fuzzy*.

Por meio da transformação de escala linear, os dados são normalizados para expor as várias escalas de critérios em uma escala comparável. A matriz de decisão *fuzzy* normalizada é dada por:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

onde

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right), c_j^+ = \max_i c_{ij} \text{ (Critério de benefício)} \quad (15)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ (Critério de custo)} \quad (16)$$

Passo 5: Ponderar a matriz normalizada.

A matriz normalizada ponderada (\tilde{V}) para os critérios é calculada multiplicando os pesos (\tilde{w}) dos critérios com a matriz de decisão *fuzzy* normalizada (\tilde{r}_{ij}):

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \text{ onde } \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (17)$$

Passo 6: Cálculo da solução ideal positiva ($FPIS^+$) e a solução ideal negativa ($FNIS^-$) da seguinte forma:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \text{ onde } \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ onde } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

Passo 7: Determinar a distância de cada alternativa para $FPIS^+$ e $FNIS^-$.

A distância (d_i^+, d_i^-) de cada alternativa ponderada da $FPIS^+$ e $FNIS^-$ é obtida da seguinte forma:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), i = 1, 2, \dots, m \quad (20)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (21)$$

Sendo $d_v(\tilde{a}, \tilde{b})$ a distância calculada entre dois números *fuzzy* \tilde{a} e \tilde{b} .

$$d_v(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (22)$$

Passo 8: Determinar o coeficiente de proximidade (CC_i) de cada uma das alternativas.

O CC_i expressa a distancia para a $FPIS^+$ e a $FNIS^-$. O coeficiente de proximidade é obtido da seguinte forma:

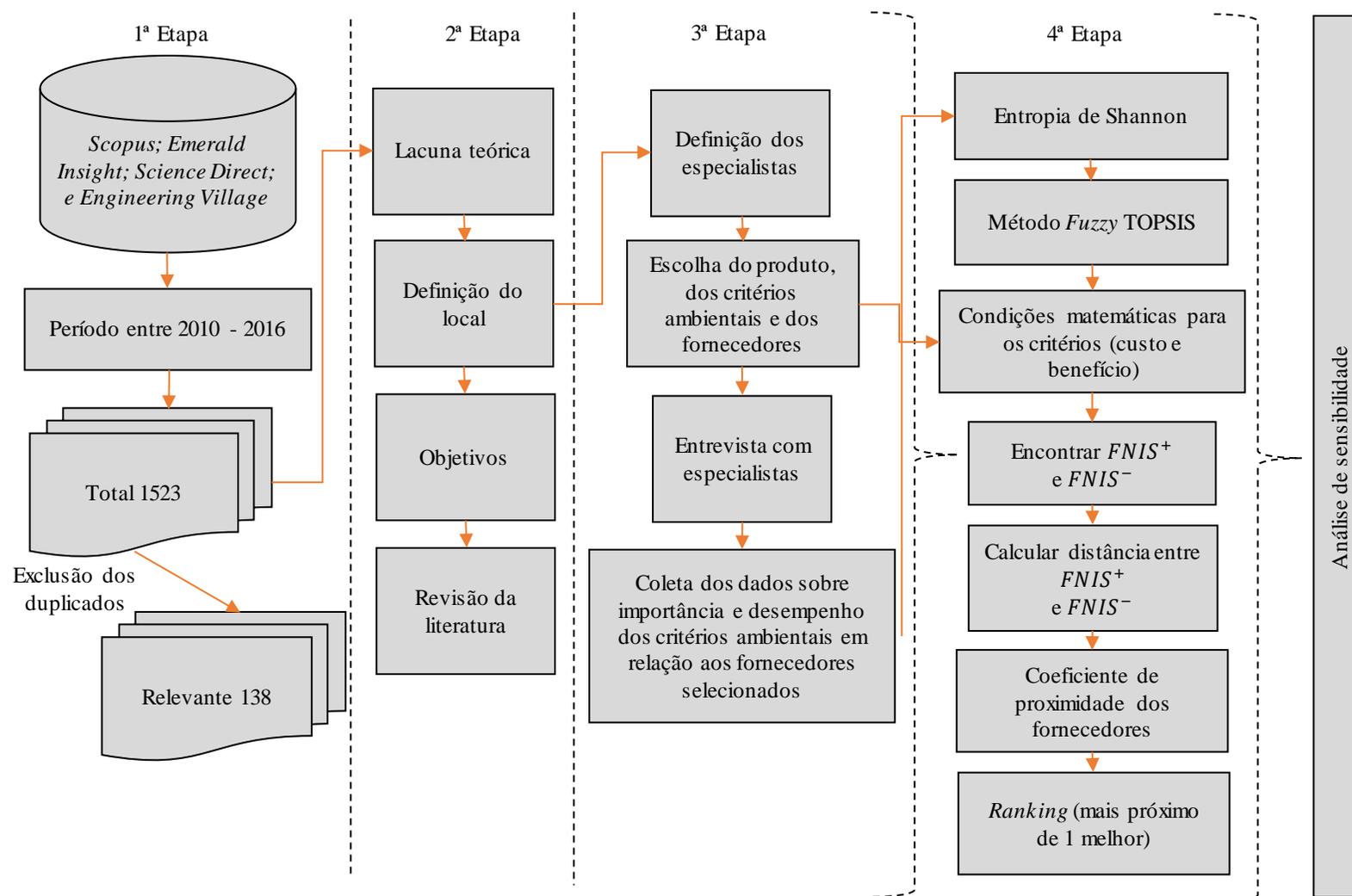
$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

Passo 9: *Ranking* das alternativas.

As alternativas são classificadas de acordo com o CC_i em ordem decrescente. A melhor alternativa será a que estiver mais próxima da $FPIS^+$ e mais distante da $FNIS^-$.

A modelagem matemática das equações da Entropia de Shannon e do *Fuzzy* TOPSIS foram realizadas por meio do software *Microsoft Excel*. Utilizando os julgamentos coletados dos especialistas, foi realizada uma aplicação simulada do *Fuzzy* TOPSIS. Um resumo da metodologia deste trabalho pode ser visualizado na Figura 17. A pesquisa foi dividida em quatro etapas, entre revisão bibliográfica, definição da lacuna teórica, dos objetivos e do local onde foi realizado o estudo, obtenção dos dados necessários para uso do método proposto (por meio de reuniões e entrevistas), modelagem matemática dos métodos e obtenção dos resultados e uma análise de sensibilidade para confirmação dos resultados obtidos.

Figura 17 – Etapas metodológicas da pesquisa



4 RESULTADOS

O objetivo dessa seção é apresentar os resultados acerca da simulação realizada, a partir de dados reais coletados no HUSM, do método *Fuzzy* TOPSIS para avaliação e seleção de um fornecedor sustentável. A abordagem proposta neste estudo é dividida em quatro etapas, iniciando pela revisão da literatura, após a seleção dos critérios de avaliação e dos potenciais fornecedores, a classificação feita pelos E's das alternativas selecionadas e o cálculo dos pesos pela entropia de Shannon, a seleção do melhor fornecedor pelo *Fuzzy* TOPSIS e, finalmente, o ranking dos fornecedores em ordem decrescente. A realização de uma análise de sensibilidade para mensurar a robustez da abordagem é proposta como apoio no processo decisório.

4.1 SELEÇÃO DE FORNECEDORES VERDES USANDO A ENTROPIA DE SHANNON E O MÉTODO *FUZZY* TOPSIS

No HUSM há um cuidado para que a realização das compras ocorra de maneira efetivamente planejada, obedecendo aos prazos estabelecidos nos editais de licitação e de acordo com o controle de estoque que é realizado. A ineficiência do procedimento de compras pode comprometer a qualidade do serviço prestado aos pacientes, de modo que se o HUSM não dispuser em seu estoque os produtos na quantidade necessária e no momento certo, pode afetar os serviços prestados. Diante desse contexto e observando que em uma contratação de fornecedores nem todos os critérios utilizados têm o mesmo peso, a Entropia de Shannon é usada para dar peso aos critérios ambientais em uma possível contratação de um fornecedor verde do produto SRS.

Inicialmente, os E's foram orientados a classificar os critérios de acordo com a sua importância, com base nas variáveis linguísticas da Tabela 3, em relação aos três potenciais fornecedores.

Tabela 3 – Variáveis linguísticas para avaliar importância e desempenho

Variável linguística para avaliar importância dos critérios		Variável linguística para avaliar desempenho das alternativas	
Variável linguística	Números <i>fuzzy</i>	Variável linguística	Números <i>fuzzy</i>
Muito baixo (MB)	(1,1,3)	Muito ruim (MR)	(1,1,3)
Baixo (B)	(1,3,5)	Ruim (R)	(1,3,5)
Médio (M)	(3,5,7)	Bom (B)	(3,5,7)
Alto (A)	(5,7,9)	Muito bom (MB)	(5,7,9)
Muito alto (MA)	(7,9,9)	Ótimo (O)	(7,9,9)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As escalas de conversão são usadas para transformar os termos linguísticos em números *fuzzy*. Nesta pesquisa, foi utilizada a escala de 1-9 para atribuir as classificações dos critérios e das alternativas. A Tabela 4 apresenta a importância fornecida pelos E's com relação a cada um dos critérios frente a cada alternativa (fornecedor), formando, portanto, uma matriz de decisão com as preferências linguísticas convertidas em números *fuzzy*.

Tabela 4 – Matriz de decisão *fuzzy*

Alt.	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
\bar{x}	E1 - E2 - E3						
A_1	(0.43,0.57,0.70)	(0.23,0.43,0.63)	(0.30,0.50,0.70)	(0.43,0.63,0.83)	(0.23,0.37,0.57)	(0.37,0.57,0.77)	(0.37,0.57,0.77)
A_2	(0.50,0.63,0.70)	(0.23,0.30,0.50)	(0.23,0.43,0.63)	(0.23,0.37,0.57)	(0.43,0.63,0.83)	(0.37,0.57,0.77)	(0.37,0.50,0.70)
A_3	(0.50,0.70,0.77)	(0.17,0.30,0.50)	(0.23,0.43,0.63)	(0.23,0.37,0.57)	(0.30,0.50,0.70)	(0.43,0.63,0.83)	(0.23,0.43,0.63)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para calcular os pesos dos critérios por meio da Entropia de Shannon, os dados *fuzzy* são convertidos em dados *crisp* com o método de centro de área, Eq. 1. A matriz de decisão para a Entropia de Shannon é apresentada na Tabela 5. Na mesma tabela, as etapas da entropia levam à obtenção dos pesos (w_j) dos critérios, mostrados na penúltima linha.

Tabela 5 – Peso dos critérios ambientais por Entropia de Shannon

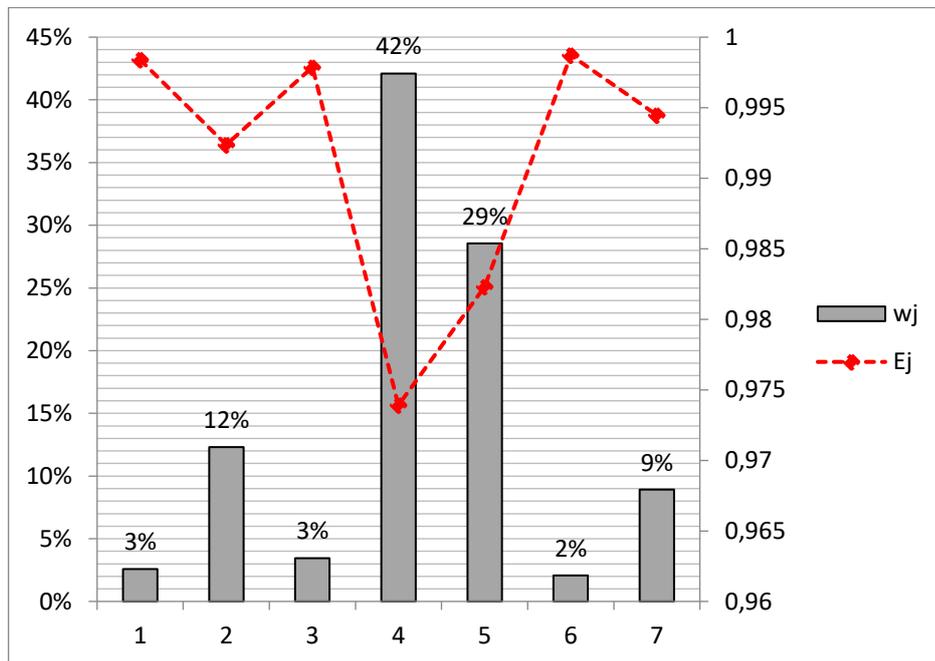
Alt.	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
A_1	0.3090	0.3939	0.3658	0.4488	0.2554	0.3207	0.3722
A_2	0.3333	0.3131	0.3170	0.2755	0.4160	0.3207	0.3430
A_3	0.3575	0.2929	0.3170	0.2755	0.3284	0.3584	0.2846
E_j	0.9983	0.9923	0.9978	0.9739	0.9823	0.9987	0.9944
w_j	3%	12%	3%	42%	29%	2%	9%
\widetilde{W}_j	M	MA	M	MA	MA	M	A

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para obter o valor do peso (\widetilde{W}_j), para cada critério ambiental, converteram-se os dados *crisp* em números *fuzzy* correspondentes com as variáveis linguísticas da Tabela 3. O critério mais importante neste problema de seleção de fornecedores verdes é o critério Embalagem dos Produtos (C_4), seguido do critério Compromisso dos Gestores com a GSCM (C_5) e Logística reversa (C_2). A ordem completa de prioridade dos critérios de seleção de fornecedores nesta pesquisa é a seguinte:

$$C_4 > C_5 > C_2 > C_7 > C_1 > C_3 > C_6$$

Os restantes dos critérios que formam a ordem de prioridade são: Consumo de recursos (C_7), Reciclagem e gerenciamento de resíduos (C_1), Sistema de gestão ambiental (C_3) e Ecomarketing (C_6). A relação de causa da Entropia de Shannon mostra que na medida em que a entropia de informação (E_j) é menor, isso significa que houve uma homogeneidade nas classificações dos pesos pelos E's e, portanto, o critério recebe mais importância em um ambiente de decisão. O Gráfico 1 expõem as relações entre as variáveis E_j e w_j .

Gráfico 1 – Relação entre as variáveis E_j e w_j 

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que na visão dos E's esses são os principais critérios ambientais que devem ser levados em consideração em uma possível contratação de um fornecedor do produto SRS. Ressalva-se que todos os critérios são importantes para o bom desempenho da cadeia de suprimentos, do ponto de vista da *Triple Bottom Line* e, embora a ordem de prioridade tenha apontado o critério C_4 em primeiro lugar, a decisão de compra não deve se basear apenas no aprimoramento deste critério, devendo buscar um equilíbrio entre todos os elementos que efetivamente fazem parte de sua cadeia de suprimentos.

Na etapa seguinte, adentrando nos procedimentos que fazem parte do método *Fuzzy TOPSIS*, foram atribuídas pelos E's as classificações referentes ao desempenho de cada critério frente as alternativas de fornecedores levantadas. Os pesos *fuzzy* agregados dos fornecedores foram calculados por meio da Eq. 11. Os valores obtidos estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Avaliação dos fornecedores pelos E's e pesos *fuzzy* agregado

Critérios	Fornecedor A_1				Fornecedor A_2			
	E1	E2	E3	Agregado <i>fuzzy</i>	E1	E2	E3	Agregado <i>fuzzy</i>
C_1	B	B	R	(1.0,4.33,7.0)	MB	MB	B	(3.0,6.33,9.0)
C_2	MB	B	R	(1.0,5.0,9.0)	MB	B	MB	(3.0,6.33,9.0)
C_3	R	B	B	(1.0,4.33,7.0)	B	R	B	(1.0,4.33,7.0)
C_4	B	B	B	(3.0,5.0,7.0)	R	MB	B	(1.0,5.0,9.0)
C_5	R	R	B	(1.0,3.66,7.0)	MB	MB	B	(3.0,6.33,9.0)
C_6	MB	B	B	(3.0,5.66,9.0)	B	B	B	(3.0,5.0,7.0)
C_7	B	B	R	(1.0,4.33,7.0)	B	B	R	(1.0,4.33,7.0)

Critérios	Fornecedor A_3			
	E1	E2	E3	Agregado <i>fuzzy</i>
C_1	MB	B	MB	(3.0,6.33,9.0)
C_2	R	R	B	(1.0,3.66,7.0)
C_3	B	B	R	(1.0,4.33,7.0)
C_4	R	B	R	(1.0,3.66,7.0)
C_5	R	R	B	(1.0,3.66,7.0)
C_6	B	B	R	(1.0,4.33,7.0)
C_7	R	B	R	(1.0,3.66,7.0)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nota-se por meio da análise da Tabela 6 que os fornecedores foram classificados de acordo com as variáveis linguísticas definidas frente a cada um dos critérios estabelecidos. Essa etapa corresponde ao início do desenvolvimento do método *Fuzzy TOPSIS*, no entanto, ainda não leva em consideração os pesos calculados. Após a matriz de decisão *fuzzy* é normalizada por meio das Eq. 14 e 15. O resultado é demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz de decisão *fuzzy* normalizada

Critérios	Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada		
	A_1	A_2	A_3
C_1	(0.11,0.48,0.77)	(0.33,0.70,1.00)	(0.33,0.70,1.00)
C_2	(0.11,0.55,1.00)	(0.33,0.70,1.00)	(0.11,0.40,0.77)
C_3	(0.11,0.48,0.77)	(0.11,0.48,0.77)	(0.11,0.48,0.77)
C_4	(0.33,0.55,0.77)	(0.11,0.55,1.00)	(0.11,0.40,0.77)
C_5	(0.11,0.40,0.77)	(0.33,0.70,1.00)	(0.11,0.40,0.77)
C_6	(0.33,0.63,1.00)	(0.33,0.56,0.77)	(0.11,0.48,0.77)
C_7	(0.11,0.48,0.77)	(0.11,0.48,0.78)	(0.11,0.40,0.77)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Ressalta-se que, para a normalização da matriz de decisão deve-se levar em conta modelagens matemáticas distintas, uma para os critérios de custo e outra para os critérios de benefício. No entanto, frisa-se que os critérios ambientais utilizados nesse trabalho são todos de benefício, ou seja, busca-se a maximizar os critérios dentro do contexto de análise no domínio de seleção de fornecedores verdes e gestão da cadeia de suprimentos.

Avançando no desenvolvimento do método, o próximo passo consiste na ponderação da matriz de decisão *fuzzy* normalizada por meio da Eq. 17. A matriz normalizada ponderada (\tilde{V}) para os critérios é calculada multiplicando os pesos (\tilde{w}) dos critérios, obtidos por meio da Entropia de Shannon, com a matriz de decisão *fuzzy* normalizada (\tilde{r}_{ij}). A Tabela 8 apresenta a matriz de decisão *fuzzy* normalizada ponderada.

Tabela 8 – Matriz de decisão *fuzzy* normalizada ponderada

Critérios	Matriz de decisão <i>fuzzy</i> normalizada ponderada			$FNIS^-$	$FNIS^+$
	A_1	A_2	A_3		
C_1	(0.33,2.41,5.44)	(1.00,3.52,7.00)	(1.00,3.52,7.00)	0.33	7
C_2	(0.78,5.00,9.00)	(2.33,6.33,9.00)	(0.78,3.67,7.00)	0.78	9
C_3	(0.33,2.41,5.44)	(0.33,2.41,5.44)	(0.33,2.41,5.44)	0.33	5.5
C_4	(2.33,5.00,7.00)	(0.78,5.00,9.00)	(0.78,3.67,7.00)	0.78	9
C_5	(0.78,3.67,7.00)	(2.33,6.33,9.00)	(0.78,3.67,7.00)	0.78	9
C_6	(1.00,3.15,7.00)	(1.00,2.78,5.44)	(0.33,2.41,5.44)	0.33	7
C_7	(0.56,3.37,7.00)	(0.56,3.37,7.00)	(0.56,2.85,7.00)	0.56	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que a ponderação de matriz de decisão normalizada foi realizada a partir dos pesos dos critérios evidenciados pelo método da Entropia de Shannon, destacando que os resultados obtidos foram os seguintes: $C_1 = M$, $C_2 = MA$, $C_3 = M$, $C_4 = MA$, $C_5 = MA$, $C_6 = M$ e $C_7 = A$. Cada classificação de peso corresponde de determinado critério, reflete os números *fuzzy* triangulares definidos para esse estudo. Além disso, através das duas últimas colunas da Tabela 8 é possível perceber que se referem ao cálculo da solução ideal positiva ($FPIS^+$) e da solução ideal negativa ($FNIS^-$), por meio das Eq. 18 e 19.

O próximo passo refere-se ao cálculo das distâncias (d_i^+, d_i^-) de cada alternativa ponderada para as soluções ideais positivas e negativas ($FPIS^+$ e $FNIS^-$). O cálculo da distância para a $FPIS^+$ foi realizado por meio da Eq. 22, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Distância das alternativas em relação a $FPIS^+$

Critérios	$d_v(A_i, A^+)$		
	A_1	A_2	A_3
C_1	6.191	4.911	4.911
C_2	6.208	4.297	7.415
C_3	4.297	4.383	4.297
C_4	5.900	6.208	7.415
C_5	7.415	4.683	7.415
C_6	5.180	5.679	6.191
C_7	5.198	5.198	5.572
Σ	40.389	35.658	43.216

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nota-se que o fornecedor A_2 obteve o maior desempenho global frente aos outros, o que significa que é o fornecedor que mais se aproxima da $FPIS^+$. Os critérios C_5 , C_3 e C_2 foram os que mais contribuíram para que o fornecedor A_2 obtivesse a menor distância da $FPIS^+$. Isso remete de certa forma, embora ainda não seja conclusivo, de que a preferência dos E's é pelo produto do fornecedor A_2 , visto que o mesmo mostra-se mais adequado do que seus concorrentes no que diz respeito às questões ambientais que foram determinadas para avaliação.

Da mesma forma, foi realizado o cálculo da distância para a $FNIS^-$ por meio da Eq. 21. A Tabela 10 apresenta os valores da distância da $FNIS^-$. O cálculo das distâncias ($FPIS^+$ e $FNIS^-$) vai refletir qual fornecedor está mais próximo da $FPIS^+$ e da $FNIS^-$. A $FPIS^+$ é formada a partir das alternativas que apresentarem as melhores condições de desempenho alcançado no momento da avaliação em relação a cada critério, enquanto a $FNIS^-$ é formada de maneira similar, só que pelos piores valores.

Tabela 10 – Distância das alternativas em relação a $FNIS^-$

Critérios	$d_v(A_i, A^-)$		
	A_1	A_2	A_3
C_1	5.520	5.403	7.403
C_2	9.240	9.961	6.857
C_3	5.520	7.520	5.520
C_4	7.570	9.240	6.857
C_5	6.857	9.961	6.857
C_6	7.251	5.683	5.520
C_7	7.027	7.027	6.836
Σ	48.985	54.794	45.851

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que os critérios C_5 , C_4 , C_2 e C_3 foram os que mais contribuíram para que o fornecedor A_2 obtivesse a maior distância da $FNIS^-$. Isso significa que o fornecedor A_2 é o que apresentou o melhor desempenho global frente aos seus concorrentes, no que tange aos critérios ambientais analisados. A solução ótima deve ter a menor distância da solução ideal positiva e a maior distância da solução ideal negativa (CARVALHO et al., 2017; GOVINDAN et al., 2015; GUPTA; BARUA, 2017).

Portanto, para concluir de fato qual fornecedor apresenta o melhor desempenho global e criar um ranking das alternativas, os dois últimos passos da metodologia *Fuzzy TOPSIS* propõe o cálculo do Coeficiente de proximidade (CC_i), por meio da Eq. 23 e após é elaborado o ranking das alternativas, sendo que as alternativas são classificadas de acordo com o CC_i em ordem decrescente. Quanto mais próximo de 1 melhor será o desempenho global da alternativa. A Tabela 11 apresenta os valores de CC_i dos fornecedores e o ranking em ordem decrescente das alternativas.

Tabela 11 – Coeficiente de proximidade e ranking das alternativas

	Fornecedores		
	A_1	A_2	A_3
d_i^-	48.985	54.794	45.851
d_i^+	40.389	35.658	43.216
CC_i	0.548	0.606	0.515
Ranking	2	1	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Portanto, o fornecedor A_2 é o que apresentou o maior desempenho global frente aos seus concorrentes, isto é, a organização está mais alinhada estrategicamente com os critérios ambientais de gestão da cadeia de suprimentos definidos inicialmente para análise de contratação de uma empresa fornecedora do produto SRS.

Aplicou-se a Análise de Sensibilidade para mensurar a robustez da sistemática de avaliação e seleção de fornecedores proposta. A análise de sensibilidade também ajuda a determinar as mudanças na classificação final das alternativas em uma ligeira variação nos pesos relativos dos critérios (PRAKASH; BARUA, 2016). Neste estudo, a dimensão da avaliação do fornecedor verde e os pesos dos critérios são computados usando entradas humanas, por meio das variáveis linguísticas. Assim, sugere-se testar o ranking final das alternativas ao atribuir diferentes pesos dos critérios. Isso também ajuda a verificar a consistência na tomada de decisões. Dessa forma, foi investigado o impacto do peso dos critérios sobre a seleção de fornecedores verdes para o produto SRS. Para isso, os pesos de cada um dos critérios foram alternados, resultando em 20 combinações, conforme detalhado na Tabela 12.

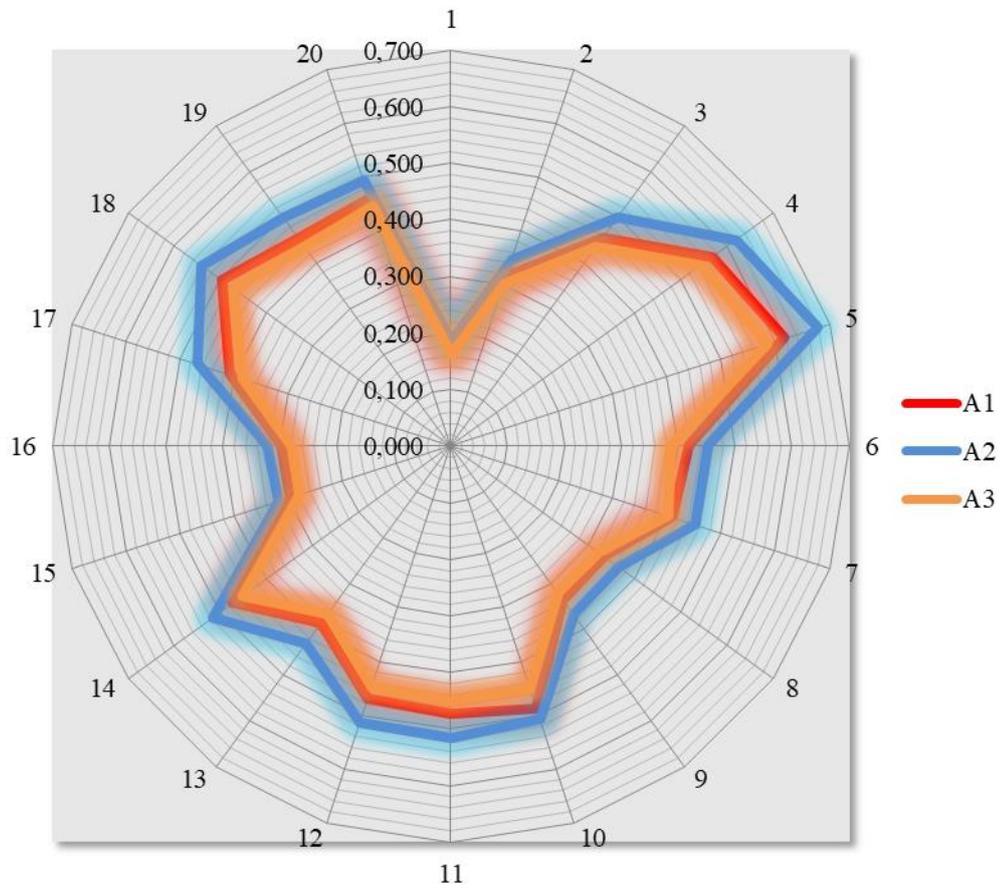
Tabela 12 – Análise de sensibilidade

Exp.	Definição	A_1	A_2	A_3	Ranking
E_1	$C_1-C_7 = (1,1,3)$	0.170	0.185	0.163	$A_2 > A_1 > A_3$
E_2	$C_1-C_7 = (1,3,5)$	0.315	0.345	0.301	$A_2 > A_1 > A_3$
E_3	$C_1-C_7 = (3,5,7)$	0.455	0.499	0.434	$A_2 > A_1 > A_3$
E_4	$C_1-C_7 = (5,7,9)$	0.568	0.618	0.542	$A_2 > A_1 > A_3$
E_5	$C_1-C_7 = (7,9,9)$	0.617	0.677	0.584	$A_2 > A_1 > A_3$
E_6	$C_1 = (1,1,3), C_2-C_7 = (3,5,7)$	0.419	0.452	0.385	$A_2 > A_1 > A_3$
E_7	$C_2 = (1,1,3), C_1, C_3-C_7 = (3,5,7)$	0.410	0.451	0.399	$A_2 > A_1 > A_3$
E_8	$C_3 = (3,5,7), C_1-C_2, C_4-C_7 = (1,3,5)$	0.333	0.363	0.319	$A_2 > A_1 > A_3$
E_9	$C_4 = (3,5,7), C_1-C_3, C_5-C_7 = (1,3,5)$	0.336	0.369	0.319	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{10}	$C_5 = (5,7,9), C_1-C_4, C_6-C_7 = (3,5,7)$	0.488	0.508	0.450	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{11}	$C_6 = (5,7,9), C_1-C_5, C_7 = (3,5,7)$	0.473	0.517	0.450	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{12}	$C_7 = (5,7,9), C_1-C_6 = (3,5,7)$	0.471	0.514	0.449	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{13}	$C_1 = (3,5,7), C_2 = (7,9,9), C_3-C_7 = (1,3,5)$	0.386	0.431	0.368	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{14}	$C_2 = (3,5,7), C_3 = (7,9,9), C_1, C_4-C_7 = (3,5,7)$	0.474	0.517	0.453	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{15}	$C_3 = (5,7,9), C_4 = (7,9,9), C_1, C_2, C_5-C_7 = (1,1,3)$	0.298	0.318	0.280	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{16}	$C_4 = (5,7,9), C_5 = (7,9,9), C_1, C_3, C_6-C_7 = (1,1,3)$	0.298	0.322	0.280	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{17}	$C_5 = (7,9,9), C_2 = (7,9,9), C_1, C_3, C_4, C_6-C_7 = (1,3,5)$	0.408	0.467	0.384	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{18}	$C_6 = (7,9,9), C_7 = (5,7,9), C_1-C_5 = (3,5,7)$	0.497	0.542	0.472	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{19}	$C_7 = (1,3,5), C_1 = (5,7,9), C_2-C_6 = (3,5,7)$	0.453	0.499	0.436	$A_2 > A_1 > A_3$
E_{20}	$C_4 = (1,3,5), C_5 = (1,3,5), C_2 = (1,3,5), C_1, C_3, C_6-C_7 = (5,7,9)$	0.460	0.493	0.446	$A_2 > A_1 > A_3$

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os achados da análise de sensibilidade indicam que A_2 tem ampla prioridade entre as alternativas nos 20 experimentos realizados. A ordem de classificação correspondente para os fornecedores verdes é predominantemente $A_2 > A_1 > A_3$ (ver Tabela 11). O ranking permaneceu consistente na corrida de sensibilidade, ou seja, indica a estabilidade do ranking das alternativas e a solidez no processo de tomada de decisão neste estudo. O Gráfico 2 mostra que o fornecedor A_2 está altamente qualificado e deve obter a escolha final quanto à seleção pelos E's.

Gráfico 2 – Resultado da Análise de Sensibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que o fornecedor A_2 obteve o melhor desempenho global nos 20 experimentos realizados. Salienta-se que no caso de o fornecedor A_2 estar inabilitado para fornecer o produto SRS em determinado edital de licitação, sugere-se que mais alternativas de fornecedor sejam introduzidas para avaliação, visto que os fornecedores A_1 e A_3 apresentaram desempenho semelhante, tornando difícil a tomada de decisão por parte dos E's.

Neste estudo, uma abordagem com Entropia de Shannon para peso dos critérios e o Método *Fuzzy* TOPSIS para seleção da melhor alternativa foram utilizadas como suporte em uma etapa importante da gestão da cadeia de suprimentos de um grande Hospital Universitário do Brasil, que é a seleção de fornecedores. De acordo com os autores Gupta e Barua (2017) e Witjes e Lozano (2016), o uso de fatores sociais, ambientais e econômicos no processo de avaliação e seleção de fornecedores verdes pode apresentar um reflexo indireto na criação de novos produtos e no aumento da demanda de consumidores por produtos mais sustentáveis. Além do mais, a opção dos gestores por adotar práticas sustentáveis nas cadeias de suprimentos, tanto para as suas empresas quanto para seus fornecedores, tem demonstrado

ser uma questão de crescente preocupação, uma vez que estão constantemente sob o alvo da mídia, dos consumidores e da administração pública (KUMAR et al., 2017). Portanto, percebe-se que há um amadurecimento da cadeia de suprimentos do HU no que diz respeito a introdução de aspectos ambientais em processos decisórios.

A ordem dos critérios foi classificada pela sua importância e observando-se a conversão dos dados *fuzzy* para dados *crisp* nas fases que constituem a Entropia de Shannon, que revelou a seguinte prioridade $C_4 > C_5 > C_2 > C_7 > C_1 > C_3 > C_6$ (ver Tabela 5). A transformação de volta dos dados *crisp* para números *fuzzy*, de acordo com as variáveis linguísticas, foi executada em conjunto com os E's. Consoante aos resultados, o critério C_4 , isto é, Embalagem (42%) obteve maior relevância como elemento chave na avaliação e seleção do fornecedor do produto SRS, C_5 , ou seja, o Compromisso dos gestores com a GSCM (29%) é o segundo critério por ordem de classificação e C_2 , isto é, Logística reversa (12%) obteve a terceira colocação quanto a importância dos critérios.

A eco eficiência é reconhecida como um importante elemento de diferenciação para avaliar os desafios ambientais e econômicos de uma empresa (TSENG et al., 2014). Nesse contexto, a eco eficiência no aprimoramento e desenvolvimento de novas embalagens pode promover melhorias, sobretudo, no que se refere a redução dos impactos ambientais (CARVALHO et al., 2017). Alguns pesquisadores revelam que a redução de custos operacionais na cadeia de suprimentos é considerada o fator mais importante para as organizações que buscam se envolver com atividades verdes (RAO, 2002; RAO; HOLT, 2005; ZHU et al., 2007a, 2007b; ZHU et al., 2010; SARKIS; DHAVAL, 2015; JABBOUR et al., 2017).

A cadeia de suprimentos tem se tornado mais evidente a medida que os problemas ambientais continuam a aumentar, diante disso, gestores tem experimentado grandes ganhos a partir da adoção de práticas verdes na gestão da cadeia de suprimentos (LUTHRA; GARG; HALEEM, 2016). Nesse contexto, observa-se que o critério Embalagem (C_4), dentro de um cenário de decisão voltado para a sustentabilidade é estimulado pelo poder de inovação dos fornecedores em utilizar materiais recicláveis/reutilizáveis (LUTHRA; GARG; HALEEM, 2016) e isso confirma nossas descobertas de que a Embalagem dos produtos de saúde, bem como o descarte, em especial, do produto SRS é o ponto de partida para a tomada de decisão dos gestores quanto ao processo de avaliação e seleção das potenciais alternativas de fornecimento.

O critério Compromisso dos gestores com a GSCM (C_5) indica que o compromisso dos gestores em adotar práticas verdes na cadeia de suprimentos é encorajado por fortes

programas governamentais voltados para a sustentabilidade e pelo crescimento do número de consumidores preocupados com os efeitos negativos que as práticas produtivas podem exercer no meio ambiente, em vista disso, gestores de grupos estratégicos da alta administração estão direcionando esforços para tornar mais sustentável e transparente os processos de fabricação (PRAKASH; BARUA, 2016). As práticas da GSCM tornaram-se estratégias significativas para as organizações, sejam as que estão comprando/contratando um produto/serviço, sejam os próprios fornecedores, a fim de atingir lucros maiores e ampliar suas participações no mercado.

Quanto ao critério, Logística reversa (LR) (C_2) é dada ênfase para o fluxo de volta de materiais do cliente para o fornecedor com o intuito de reciclar/reutilizar o item retornado bem como reduzir o custo total de LR. A crescente relevância na reutilização de produtos decorre não só de esforços de conscientização ambiental e legislação governamental, como também do fato de que o engajamento em práticas de reutilização provou ser lucrativo em diversas organizações (KANAN; POKHAREL; KUMAR, 2009). De acordo com o estudo de Prakash e Barua (2015) muitas barreiras são enfrentadas quando se pretende implementar práticas de LR em uma empresa, como barreiras gerenciais, barreiras organizacionais, barreiras econômicas, barreiras legais, barreiras de tecnologia, barreiras de infraestrutura e barreiras de mercado. Ainda, os achados da pesquisa supracitada indicam que as organizações devem concentrar esforços na criação, desenvolvimento e investimento em novas tecnologias de logística reversa para superarem tais barreiras. Neste estudo, observou-se que o critério C_2 aparece na terceira posição em ordem de preferência dos gestores, no entanto, tem participação fundamental na escolha final pelo fornecedor A_2 , visto que a empresa apresentou bom desempenho no que se refere a práticas de LR.

Ademais, o ranking dos critérios é formado por C_7 , C_1 , C_3 e C_6 . Julga-se que todos os critérios ambientais utilizados são fundamentais e contribuem em parcelas significativas para tornar a cadeia de suprimentos mais sustentável. Observa-se que, por meio da implementação de um Sistema de gestão ambiental (C_3), ou seja, da certificação ISO14001, os benefícios que as organizações e as cadeias de suprimentos podem obter por implantar o padrão ISO14001 são consideráveis e espelham o propósito destes critérios, como economia de custos em resíduos, menor uso de recursos naturais, reciclagem, redução de desperdícios e de poluição, imagem verde e aprimoramento dos sistemas produtivos (CARVALHO et al., 2017). Ainda que cada empresa tenha motivos singulares para ser mais verde, a redução dos impactos no meio ambiente e a melhoria no desempenho econômico-ambiental da cadeia de suprimentos é um pretexto significativo e encorajador.

5. CONCLUSÃO

Devido a questões ambientais, aumento da poluição e a escassez de recursos, as organizações brasileiras estão encarando pressões governamentais e de uma nova onda de consumidores sustentáveis para implementar práticas ligadas a GSCM. A adoção de iniciativas verdes por parte do HUSM pode gerar vantagens competitivas, contudo os fornecedores precisam de treinamento para adequar seus processos à concepção de produtos verdes e serem proativos quanto à adoção de práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos. Portanto, esta pesquisa é uma tentativa de abordagem para introduzir critérios ambientais na seleção de fornecedores no setor da saúde, demonstrando ser o início de uma implementação bem-sucedida de uma prática sustentável voltada para seleção de fornecedores. A pesquisa foi executada por meio da identificação de critérios ambientais consolidados com base em estudos relevantes e pela definição dos critérios mais adequados ao contexto da análise.

Assim como ocorre com todos os problemas MCDM, a seleção de fornecedores depende diretamente das decisões dos E's. As opiniões dos E's são carregadas de incerteza e imprecisão, portanto, para superar essas barreiras, quatro métodos foram propostos neste estudo para tratamento dos dados. A Entropia de Shannon lida com os aspectos que envolvem a informação e foi utilizada para dar peso aos critérios. O método TOPSIS foi usado para avaliar três potenciais alternativas de fornecedores, e classificar quanto o melhor desempenho global frente os critérios definidos. A Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* foi usada para dar o devido tratamento aos dados coletados, a fim de reduzir a incerteza e imprecisão das respostas. Por fim, a Análise de Sensibilidade foi proposta para testar a estabilidade da sistemática de avaliação proposta e do processo de tomada de decisão.

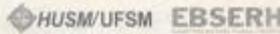
Os resultados da Entropia de Shannon indicaram a ordem de prioridade que deve ser levada em consideração, de acordo com os E's, em uma eventual avaliação de fornecedores baseando-se em aspectos ambientais. A prioridade encontrada no contexto da análise de contratação de um fornecedor para o produto SRS é a seguinte: Embalagem (C_4), Compromisso dos gestores com a GSCM (C_5), Logística reversa (C_2), Consumo de recursos (C_7), Reciclagem e gerenciamento de resíduos (C_1), Sistema de gestão ambiental (C_3) e Ecomarketing (C_6).

Os resultados do método *Fuzzy* TOPSIS indicam, com base nos critérios ambientais definidos, que o fornecedor A_2 é o melhor parceiro ambiental para o produto SRS no momento. O fornecedor A_2 apresentou bom desempenho, principalmente nos critérios C_4 , C_5 , C_2 e C_3 . Frisa-se que, por ser o único fornecedor que apresenta um Sistema de gestão

ambiental com certificação ISO14001, o fornecedor está mais alinhado aos objetivos estratégicos de contratações sustentáveis do HU. O ranking final das alternativas em ordem decrescente do CC_i encontrado nesse estudo é o seguinte: $A_2 > A_1 > A_3$.

Foi utilizada uma abordagem com a Entropia de Shannon e o Método *Fuzzy* TOPSIS para propor uma sistemática de avaliação e seleção de fornecedores verdes para tomada de decisão multicritério em um Hospital Público Universitário localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul. A partir da literatura relevante e da opinião de um grupo de E's, vários critérios foram identificados e classificados para uso no contexto da análise. Naturalmente, as opiniões dos E's podem ser subjetivas. Neste caso, diferentes abordagens MCDM podem ser incorporadas como suporte à tomada de decisão, como ANP, AHP, GREY para problemas semelhantes e os resultados comparados à luz da teoria e das descobertas desse estudo. O trabalho atual pode ser estendido para abordar mais critérios e mais alternativas em contextos de análises diferentes, ou seja, existem amplas oportunidades para investigações futuras em várias direções a partir desse estudo. O reconhecimento dessas limitações de pesquisa constitui a base para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

APÊNDICE A



Universidade Federal de Santa Maria
 Hospital Universitário de Santa Maria
 Gerência de Ensino e Pesquisa do HUSM
 Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares



REGISTRO DE PROJETOS

Nº Inscrição GEP: 101/2017 Data: 24/07/2017

Pesquisador(a): LEONI FURTADO GONZAGA Função: Docente
 SIAPE: 2023 2000 Telefone: 51 3011 6512 Unidade/Curso: PPGEP
 E-mail: _____

Título: "Uso do Método de Resposta de Decisão Multicritério Fuzzy-TOPSIS como suporte na escolha e seleção de Edificações Verdes"

TIPO DE PROJETO: Pesquisa () Extensão () Ensino () Institucional
 FINALIDADE: () TCC () Especialização Mestrado () Doutorado () Pós-Doutorado
 () Iniciação Científica () Mestrado Profissional () Outros
 Qual programa? Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

TIPO DE PESQUISA: () Inovações Tecnológicas em Saúde () Ciências Sociais e Humanas Aplicadas à Saúde () Epidemiológico () Clínica Epidemiológica Observacional () Infraestrutura () Avaliação de Tecnologia em Saúde () Biomédica (Sítio Sarsu) () Pré-Clinica () Qualitativa () Sistema de Saúde Planejamento e Gestão de Políticas, Programa e Serviços de Saúde () Outras Ações de C & T
 () Ensaio Clínico () Fase I () Fase II () Fase III () Fase IV
 Multicêntrico: () Não () Sim, qual? _____
 - Período Execução: Ano (Início): 2017 Ano (Término): 2018

FONTE(S) DE FINANCIAMENTO: () Edital Interno do HUSM () Edital Interno UFSM, qual(is)? _____
 () Indústria Farmacêutica Agência Pública de Fomento Nacional (Capes, Cnpq, Faperts, etc) () Agência de Fomento Internacional () Outros, qual(is)? _____

GRUPO DE PESQUISA: Não () Sim, qual? _____

OBS: A fonte de financiamento da pesquisa deve estar claramente definida no projeto. Caso haja custos para o HUSM a forma de ressarcimento deve estar também no projeto.

[Assinatura]
Pesquisador(a) responsável

AVALIAÇÃO E APROVAÇÃO INSTITUCIONAL

↳ SETORIAL:

Setores Envolvidos	Concorda com o Projeto	Assinatura e Carimbo dos Responsáveis
<u>Unidade de Administração</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim () Não	<u>[Assinatura]</u>
<u>Unidade de Assistência</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Sim () Não	<u>[Assinatura]</u>
	<input type="checkbox"/> Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Sim () Não	

↳ COMISSÃO CIENTÍFICA GEP/HUSM: [Assinatura] Data: / /

↳ GEP/HUSM ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): [Assinatura] Data: 14/8/17

ATENÇÃO: A pesquisa só poderá ser iniciada após a aprovação do CEP/UFSM e entrega do parecer consubstanciado na GEP/HUSM.

APÊNDICE B

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Notificação de Comunicação de Início do Projeto

PROJETO DE PESQUISA

Título: Uso do método de tomada de decisão multicritério Fuzzy TOPSIS

Nome do Pesquisador: Leoni Pentiado Godoy

Versão: 1 **CAAE:** 74646417.0.0000.5346

Submetido em: 29/08/2017

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Em situação de: Aprovado

CRONOGRAMA

Data de Início: 08/05/2017

Data de Término: 05/03/2018

SANTA MARIA, 16 de Outubro de 2017.

Assinado por:

Leoni Pentiado Godoy

REFERÊNCIAS

- PINHO, T. M.; COELHO, J. P.; MOREIRA, A. P.; BOAVENTURA-CUNHA, J. Model predictive control applied to a supply chain management problem. In: **CONTROLO 2016**. Springer, Cham, 2017. p. 167-177.
- ABRANTES, S. **Apontamentos de Teoria da Informação**. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores. 2011.
- AFFUL-DADZIE, A.; AFFUL-DADZIE, E.; TURKSON, C. A TOPSIS extension framework for re-conceptualizing sustainability measurement. **Kybernetes**. v. 45, n. 1, p. 70-86. 2016.
- ALMEIDA, P. E. M.; EVUSKOFF, A. G. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Capítulo Sistemas Fuzzy. p. 169-201, In: Rezende. 2003.
- AMALNICK, M. S.; SAFFAR, M. M. A new fuzzy mathematical model for green supply chain network design. **International Journal of Industrial Engineering Computations**. v. 8, n. 1, p. 45-70. doi:10.5267/j.ijiec.2016.7.003. 2017.
- AMARO, G. D.; LIMA JUNIOR, F. R. **Aplicação do método fuzzy-TOPSIS no apoio à seleção de fornecedores “verdes”**. XVII ENGEMA – Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo/SP. 2015.
- ARONSSON, H.; ABRAHAMSSON, M.; SPENS, K. Developing lean and agile health care supply chains. **Supply chain management: An International Journal**. v. 16, n. 3, p. 176 - 183. 2011.
- ASHLAGI, M. A. Hod and Linear Physical Programming new Approach to Green Supplier Selection Based on Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Met. **Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette**. v. 21, n. 03, p. 591-597. 2014.
- ASRAWI, I.; SALEH, Y.; OTHMAN, M. Integrating drivers' differences in optimizing green supply chain management at tactical and operational levels. **Computers & Industrial Engineering**, v. 112, p. 122-134, 2017.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S.; GOYAL, S. K. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 370-378, 2010. doi: 10.1016/j.ijpe.2010.04.029
- BAI, C.; SARKIS, J. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. **International Journal of Production Economics**. v. 124, n. 1, p. 252 – 264. doi: 10.1016/j.ijpe.2009.11.023. 2010.
- BALASUBRAMANIAN, S. A Hierarchical Framework of Barriers to Green Supply Chain Management in the Construction Sector. **Journal of Sustainable Development**, Vol. 5, n. 10. 2012.

BALI, O.; KOSE, E.; GUMUS, S. Green supplier selection based on IFS and GRA. *Grey Systems: Theory and Application*, v. 3, n. 2, p. 158-176, 2013.

BATISTA, M. A. C.; MALDONADO, J. M. S. de V. O papel do comprador no processo de compras em instituições públicas de ciência e tecnologia em saúde (C&T/S). *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro, v. 4, n. 42, p.681-699, ago. 2008.

BAZARGAN-LARI, M. An evidential reasoning approach to optimal monitoring of drinking water distribution systems for detecting deliberate contamination events. *Journal of cleaner production*, v. 78, p. 1-14, 2014.

BEITZEN-HEINEKE, E.; BALTA-OZKAN, N.; REEFKE, H. The prospects of zero-packaging grocery stores to improve the social and environmental impacts of the food supply chain. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 1528-1541, 2017.

BOUTKHOUM, O.; HANINE, M.; BOUKHRISS, H.; AGOUTI, T.; TIKNIOUINE, A. Multi-criteria decision support framework for sustainable implementation of effective green supply chain management practices. *SpringerPlus*, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2016.

BRASIL. **Planejamento apresenta licitação verde em conferência latino-americana.** Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/logistica-e-tecnologia-da-informacao/noticias/planejamento-apresenta-licitacao-verde-em>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRONDI, C.; FRAGASSI, F.; PASETTI, T.; FORNASIERO, R. Evaluating Sustainability trade-offs along Supply Chain. *International Conference on Engineering Technology and Innovation*. 2014.

BURNS, L. R.; DEGRAAFF, R. A.; DANZON, P. M.; KIMBERLY, J. R.; KISSICK, W. L.; PAULY, M. V. **The Wharton School study of the health care value chain.** The health care value chain: producers, purchasers and providers. San Francisco: Jossey-Bass, p. 3-26, 2002.

BÜYÜKÖZKAN G. Multi-criteria decision making for e-marketplace selection. *Internet Research*. v. 14, n. 2, p.139 – 154. doi:10.1108/10662240410530853. 2004.

BÜYÜKÖZKAN, G.; ÇİFÇİ, G. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*. v. 39, n.3, p. 3000-3011. 2012.

CARTER, J.; NARASIMHAN, R. A Comparison of North American and European Future Purchasing Trends. *Journal of supply chain management*. v. 32. n. 1, p. 12 – 22. 1996.

CARVALHO, H.; GOVINDAN, K.; AZEVEDO, S. G.; CRUZ-MACHADO, V. Modelling green and lean supply chains: An eco-efficiency perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 120, p. 75-87, 2017. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.025

CAVALCANTI, D.; OLIVEIRA, G.; D'AVIGNON, A.; SCHNEIDER, H.; TABOULCHANAS, K. **Compras públicas sustentáveis: diagnóstico, análise comparada e recomendações para o aperfeiçoamento do modelo brasileiro**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41009/S1601328_pt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 07 nov. 2017.

CHEN, C. T. Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. **Fuzzy Sets and Systems**. v. 114, n. 1, p. 1-9. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1). 2000.

CHEN, D. Q.; PRESTON, D. S.; XIA, W. Enhancing Hospital supply chain performance: a relational view and empirical test. **Journal of Operations Management**, v.31, p. 391 - 408. 2013.

CHRISTOPHER M.; LEEH A. Mitigating supply chain risk through improved confidence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, n. 5, p. 388 – 396. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/09600030410545436>. 2004.

CHUA, T. C.; LIN, Y. An extension to fuzzy MCDM. **Computers and Mathematics with Applications**, v. 57, n. 3, p. 445-454. 2009.

CUOZZO, F. Z.; KONRATH, G.; CUOZZO, E.; BAGGIO, D. K.; JUNGES, L. O. envolvimento e comprometimento das organizações com a gestão ambiental. **Revista de Administração e Comércio Exterior**. v. 2, n. 2, p. 75-88. 2017.

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v.7, p.75-89. 2001.

DRESH, A.; LACERDA, D.; JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

ELROD, C.; MURRAY, S.; BANDE, S. A review of performance metrics for supply chain management. **Engineering Management Journal**, v. 25, n. 3, p. 39-50, 2013.

EROL, İ.; SENCER, S.; ÖZMEN, A; SEARCY, C. (). Fuzzy MCDM framework for locating a nuclear power plant in Turkey. **Energy Policy**. v. 67, p. 186-197. 2014.

EVERARD, L. **Blueprint for an efficient health care supply chain**. 1 ed. Buffalo: Foundation for healthcare integrity. 2001.

FABBE-COSTES, N.; JAHRE, M. Supply chain integration and performance: a review of the evidence. **Internacional Journal of Logistics Management**. v. 1, n. 2, p. 130 - 154. 2008.

FRANÇA, L. V. G. **Modelo de avaliação de impacto ambiental utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy: um estudo de caso para a indústria automobilística**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Sorocaba, 2015.

GALO, N. R.; PEDROSO, C. B.; CERVI, A. C.; CARPINETTI, L. R. **Inferência fuzzy aplicada à seleção de fornecedores verdes**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. João Pessoa, Pernambuco. 2016.

GANGA, G. M. D.; CARPINETTI, L. C. R.; POLITANO, P. Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica fuzzy. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 18, n. 4, p. 755-774. 2011.

GHORBANI, M.; BAHRAMI, M.; ARABZAD, S. Mohammad. An integrated model for supplier selection and order allocation; using Shannon entropy, SWOT and linear programming. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 41, p. 521-527, 2012.

GOMIDE, F.; GUDWIN, R. R; TANSCHKEIT, R. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações**. In Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials. p. 1-38. 1995.

GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**. v. 47, p. 345-354. 2013.

GOVINDAN, K.; RAJENDRAN, S.; SARKIS, J.; MURUGESAN, P. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 66-83, 2015. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.06.046

GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; CHIAPPETTA JABBOUR, C. J.; ZHU, Q.; GENG, Y. **Eco-efficiency based green supply chain management: Current status and opportunities**. p. 293 – 298. 2014.

GUPTA H.; BARUA M. K. Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. **Journal of Cleaner Production**, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.125. 2017.

GUPTA, P.; MEHLAWAT, K.; GROVER, N. Intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision-making with an application to plant location selection based on a new extended VIKOR method. **Information Sciences**, v. 370, p. 184-203, 2016.

GUREL, O; ACAR, A.Z.; ONDEN, I.; GUMUS, I. Determinants of the green supplier selection. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. v.181, p.131-139. 2015.

HASSANZADEH, A.; BARZOKI, M. Minimizing total resource consumption and total tardiness penalty in a resource allocation supply chain scheduling and vehicle routing problem. **Applied Soft Computing**, v. 58, p. 307-323, 2017.

HSIEH, H.; LU, S.; TZENG, G. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. **International Journal of Project Management**, v. 22, p. 573-584. 2004.

HUMPHREYS, P.K; WONG, Y.K; CHAN, F.T.S. Integrating environmental criteria into the supplier selection process. **Journal of Materials Processing Technology**. v. 138, p. 349-356. doi: 10.1016/S0924-0136(03)00097-9. 2003.

HWANG C.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making**. Berlin: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-642-46768-4. 1981

IBGE. **Indicadores brasileiros do setor de saúde**. 2014.

IGARASHI, M.; DE BOER, L.; FET, A.M. What is required for greener supplier selection?. A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 9, p. 247-263. 2013

ILOS (Instituto de logística e supply chain). **Logística verde: Iniciativas de sustentabilidade ambiental das empresas no Brasil**. Disponível em: < http://www.ilos.com.br/ilos_2014/wp-content/uploads/PANORAMAS/PANORAMA_brochura_logisticaV.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2016.

JABBOUR, A. B. L.; VAZQUEZ-BRUST, D.; JABBOUR, C. J. C.; LATAN, H. Green supply chain practices and environmental performance in Brazil: Survey, case studies, and implications for B2B. **Industrial Marketing Management**, v. 66, p. 13-28, 2017.

JABBOUR, A. S.; AZEVEDO, F. S.; ARANTES, A. F.; JABBOUR, C. C. Esverdeando a cadeia de suprimentos: algumas evidências de empresas localizadas no Brasil. **Gestão & Produção**. p. 953-962. 2013.

JAYARAM, J.; AVITTATHUR, B. Green supply chains: a perspective from an emerging economy. **International Journal of Production Economics**, v. 164, p. 234-244, 2015.

JAYARAMAN, R.; TAHA, K.; PARK, K. S.; LEE, J. **Impacts and Role of Group Purchasing Organization in Healthcare Supply Chain**. Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference. 2014.

JIANG, W. Construct High Customer Loyalty Service Supply Chain. **Contemporary Logistics**, n. 5, p. 63, 2011.

KANNAN, D.; JABBOUR, A.; JABBOUR, C. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 432-447. 2014.

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

KIRILOVA, E.; VAKLIEVA-BANCHEVA, N. Environmentally friendly management of dairy supply chain for designing a green products' portfolio. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 493-504, 2017.

KIRON, D., KRUSCHWITZ, N., HAANAES, K., VELKEN, I. & VON S. Sustainability Nears a Tipping Point. **MIT Sloan Management Review**. v. 53, n. 2, p. 68-74. 2012.

KUMAR, D.; KUMAR, D.; GARG, C. P.; GARG, C. P. Evaluating sustainable supply chain indicators using Fuzzy AHP: Case of Indian automotive industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 24, n. 6, p. 1742-1766, 2017.

KUMAR, D.; RAHMAN, Z.; CHAN, F.T.S. A fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming model for order allocation in a sustainable supply chain: A case study. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, p. 1-17, 2016. doi: 10.1080/0951192X.2016.1145813

KUO, R. J.; HSU, C. W.; CHEN, Y. L. Integration of fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS for evaluating carbon performance of suppliers. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 12, p. 3863-3876. 2015.

KUSI-SARPONG, S.; SARKIS, J.; WANG, X. Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation. **International Journal of Production Economics**, v. 181, p. 325-341, 2016.

LA FORGIA, G.; COUTTOLENC, B. **Desempenho hospitalar no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Editora Singular, 2009.

LABEGALINI, L. **Gestão da sustentabilidade na cadeia de suprimentos: um estudo das estratégias de compra verde em supermercados**. Escola de Administração de Empresas de São Paulo – Dissertação de Mestrado. 242 f. 2010.

LANZILLOTTI, R. S.; LANZILLOTTI, H. S. Sensorial analysis under the focus of fuzzy logic. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 145-157, 1999.

LARA, E. P.; ROBLES, A. R. Proposta de introdução de uma gestão estratégica de custos para as micro e pequenas empresas. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**. v. 16, n. 1. 2015.

LEE A.; KANG H.Y.; HSU C.; HUNG H. C. A green supplier selection model for high-tech industry. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 7917-27. 2009.

LI, M.; WU, C. Green Supplier Selection Based on Improved Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Model. **Metallurgical and Mining Industry**. v. 6, p. 193-205. 2015.

LIANG, D.; LIU, D.; PEDRYCZ, W.; HU, P. Triangular fuzzy decision-theoretic rough sets. **International Journal of Approximate Reasoning**. v. 54, n. 8, p. 1087-1106. 2013.

LIAO, CHIN-NUNG; FU, YAN-KAI; WU, LI-CHUN. Integrated FAHP, ARAS-F and MSGP methods for green supplier evaluation and selection. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 22, n. 5, p. 651-669, 2016. doi: 10.3846/20294913.2015.1072750

LIMA JUNIOR, F. R. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores.** 2013. 150 f. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, C. R. A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. **Gestão & Produção.** v. 22, n. 1, p. 17-34. 2015.

LIMA JÚNIOR, F.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. **Applied Soft Computing.** v. 21, p. 194 – 209. 2013.

LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, C. R. Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. **International Journal of Production Economics.** v. 174, p. 128-141. 2016.

LIU, H. C.; YOU, J. X.; YOU, X. Y.; SHAN, M. M.. A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. **Applied Soft Computing,** v. 28, p. 579-588, 2015.

LUTHRA, S.; GARG, D.; HALEEM, A. The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: an empirical investigation of Indian automobile industry. **Journal of Cleaner Production,** v. 121, p. 142-158, 2016.

LUTHRA, S.; GOVINDAN, K.; KANNAN, D.; MANGLA, S. K.; GARG, C. P. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. **Journal of Cleaner Production,** v. 140, p. 1686-1698, 2017.

MAFUD, M. D. **Influência do movimento verde na seleção de fornecedores de alimentos dos grandes varejistas.** Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 99 f. 2010.

MALVIYA, K.; KANT, R. Hybrid decision making approach to predict and measure the success possibility of green supply chain management implementation. **Journal of Cleaner Production,** v. 135, p. 387-409, 2016.

MANGLA, K.; GOVINDAN, K.; LUTHRA, S. Prioritizing the barriers to achieve sustainable consumption and production trends in supply chains using fuzzy Analytical Hierarchy Process. **Journal of Cleaner Production,** v. 151, p. 509-525, 2017.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications,** v. 42, n. 8, p. 4126-4148, 2015.

MAVI, R. K.; GOH, M.; MAVI, N. K. Supplier Selection with Shannon Entropy and Fuzzy TOPSIS in the Context of Supply Chain Risk Management. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 235, p. 216-225, 2016. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.11.017

MCKONE-SWEET, K. E.; HAMILTON, P.; WILLIS, S. B. The ailing healthcare supply chain: a prescription for change. **Journal of Supply Chain Management**, v. 41, n. 1, p. 4-17, 2005.

MODAK, N. M.; MODAK, N.; PANDA, S.; SANA, S. S. Analyzing structure of two-echelon closed-loop supply chain for pricing, quality and recycling management. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

NEDER, A. L. R. **Melhores práticas na gestão da cadeia de suprimentos: um estudo de caso em uma rede de hospitais privados**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2015.

OLFAT, A.; GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling, working paper**. 2013.

OLIVEIRA, L. G.; DE FREITAS, D. C., BATALHA, M.; ALCÂNTARA, R. L. C. Gerenciamento de riscos na cadeia agroindustrial de frango: análise da perspectiva dos avicultores em Ubá, Minas Gerais. **Revista Produção Online**. v. 15, n.4, p. 1305-1325. 2015.

OLIVEIRA, T. S. **Proposta de aplicação das ferramentas do lean healthcare à logística hospitalar**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

ORTEGA, N. R. S. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2001.

ORUEZABALA, G.; RICO, J. C. The impact of sustainable public procurement on supplier management—The case of French public hospitals. **Industrial Marketing Management**. v. 41, n. 4, p. 573-580. 2012.

PARKOUHI, V.; GHADIKOLAEI, A. A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 431-451, 2017.

PIOLA, S. F. **Transferência de recursos federais do sistema único de saúde para estados, municípios e distrito federal: os desafios para a implementação dos critérios da lei complementar N141/2012**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2017.

PLANO NACIONAL DE SAÚDE PNS 2016 - 2019. Disponível em: <http://www.conselho.saude.gov.br/ultimas_noticias/2016/docs/PlanoNacionalSaude_2016_2019.pdf>. Acesso em: 09 set. 2017.

PORCAR, A.; NUEZ J.; GARCÍA M.; SOLANAS, D. The renewal of assets using a tool to aid decision making. **Management Decision**. v. 53, n. 7, p.1412 – 1429. doi: 10.1108/MD-11-2014-0633. 2015.

PRAKASH, C., BARUA, M. K. A combined MCDM approach for evaluation and selection of third-party reverse logistics partner for Indian electronics industry. **Sustainable Production and Consumption**. 2016. doi:10.1016/j.spc.2016.04.001

PRAKASH, C.; BARUA, M. K. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, p. 599-615, 2015.

PRASCEVIC, Z.; PRASCEVIC, N. One modification of fuzzy TOPSIS method. **Journal of Modelling in Management**, v. 8, n. 1, p. 81-102, 2013. doi: 10.1108/17465661311311996

PRESOTO, A. E. **Seleção de fornecedores com critérios sustentáveis na cadeia de valor varejista**. University of Sao Paulo, São Paulo. 2012.

RAMUDHIN A.; CHAABANE, A. Carbon market sensitive sustainable supply chain network design. **International Journal of Management Science and Engineering Management**. v. 5, n. 1, p. 30- 38. 2010.

RAO, P. Greening the supply chain: A new initiative in South East Asia. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 6, p. 632-655. 2002.

RAO, P.; HOLT, D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance?. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 25, n. 9. 2005.

ROCHA, A. C.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M. Gestão sustentável na cadeia de suprimentos e desempenho inovador em processos: Um estudo na indústria do alumínio. **Revista de administração, contabilidade e economia**. v. 14, n. 2, p. 537-568. 2015.

ROSTAMZADEH, R. A new approach for supplier selection using fuzzy MCDM. **Int. J. Logist. Syst. Manage**. v. 19, n. 1, p. 91–114. 2014.

ROSTAMZADEH, R.; GOVINDAN, K.; ESMAEILI, A.; SABAGHI, M. Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. **Ecological Indicators**. v. 49, p. 188-203. 2015.

SAMUEL, C.; GONAPA, K.; CHAUDHARY, P. K.; MISHRA, A. Supply chain dynamics in healthcare services. **International journal of health care quality assurance**. v. 23, n. 7, p. 631-642. 2010.

SANTOS, J. Desafios da implementação da agenda ambiental na administração pública (a3p): o caso da Pernambuco participações e investimentos S/A. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 133-153, 2017.

SARKIS, J.; DHAVALE, D. G. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. **International Journal of Production Economics**. v. 166, p. 177-191. 2015.

SCUR, G.; BARBOSA, M. E. Green supply chain management practices: Multiple case studies in the Brazilian home appliance industry. **Journal of Cleaner Production**. v. 141, p. 1293-1302. 2017.

SENVAR, O.; OTAY, I.; BOLTURK, E. Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS. **IFAC-PapersOnLine**. v. 49, n. 12, p. 1140-1145. 2016.

SHANG, K.; LU C.; LI S. A Taxonomy of Green Supply Chain Management capability among Electronic-related manufacturing firms in Taiwan. **Journal of Enviromental Management**. p. 1218 – 1226. 2010.

SHARMA, A.; CHAUHAN, R.; SINGH, T.; KUMAR, A.; KUMAR, R.; SETHI, M. Optimizing discrete V obstacle parameters using a novel Entropy-VIKOR approach in a solar air flow channel. **Renewable Energy**, v. 106, p. 310-320, 2017.

SHARMA, M. The role of institutional pressures on green supply chain practices in building the organizational image: An empirical study of indian hospitals. **Innovative solutions for implementing global supply chains in emerging markets**. p. 242-256. doi:10.4018/978-1-4666-9795-9.ch016. 2016.

SHEN, L.; OLFAT, L.; GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; DIABAT, A. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 74, p.170-179. 2013.

SMITH, B.; NACHTMANN, H.; POHL, E. An investigation of the healthcare supply chain: literature review. **Industrial Engineering Research Conference**. 2011.

SONG, M.; ZHU, Q.; PENG, J.; SANTIBANEZ-GONZALEZ, E. D. Improving the evaluation of cross efficiencies. **Computers and Industrial Engineering**, v. 112, n. C, p. 99-106, 2017.

SOUSA, B.; BOENTE, P. Metodologia de avaliação de desempenho baseada em lógica fuzzy: avaliação de desempenho de uma instituição estadual de ensino superior em duque de caxias. **Revista Edu. Tec**. v. 1, n. 1. 2016.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**. v. 9, n. 1, p. 53–80. 2007.

TOBA, S.; TOMASINI, M.; YANG, Y. H. Supply chain management in hospital: a case study. **California Journal of Operations Management**. v. 6, n. 1, p. 49 - 55. 2008.

TONG, X.; TAO, D.; LIFSET, R. Varieties of Business Model for Post-Consumer Recycling in China. **Journal of Cleaner Production**, 2017.

TRAMARICO, C.; SALOMON, V.; MARINS, F. Multi-criteria assessment of the benefits of a supply chain management training considering green issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 249-256, 2017.

TRIDAPALLI, J. P.; FERNANDES, E.; MACHADO, W. V. Gestão da cadeia de suprimento do setor público: uma alternativa para controle de gastos correntes no Brasil. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 45, p. 401-433, 2011.

TSENG, M. L.; TAN, K. H.; LIM, M.; LIN, R. J.; GENG, Y. Benchmarking eco-efficiency in green supply chain practices in uncertainty. **Prod. Plann. Control**, v. 25, n. 13, p. 1079–1090. 2014

UYGUN, Ö.; DEDE, A. Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. **Computers & Industrial Engineering**. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2016.02.020>. 2016.

VAN HOCK; ERASMUS. From reversed logistics to green supply chains. **Logistics Solutions**. v. 2, p. 28–33. 2000.

VIJAYVARGY, L.; THAKKAR, J.; AGARWAL, G. Green supply chain management practices and performance: the role of firm-size for emerging economies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.28, n.3. 2017. doi: 10.1108/JMTM-09-2016-0123

WALTON, S. V.; HANDFIELD, R.; MELNYK, S. A. The green supply chain: interating suppliers into environmental management processes. **International journal of purchasing and materials management**. v. 34, n. 2. 1998.

WANG Y. J.; LEE H. S. Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. **Journal of Computers and Mathematics with Applications**. v. 53, n. 11, p. 1762–1772. doi: 10.1016/j.camwa.2006.08.037. 2007.

WANG, X. A comprehensive decision making model for the evaluation of green operations initiatives. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 95, p. 191-207. 2015.

WANG, X.; CHAN, H. K. A hierarchical fuzzy TOPSIS approach to assess improvement areas when implementing green supply chain initiatives. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 10, p. 3117-3130. 2013.

WANG, Z.; MATHIYAZHAGAN, K.; XU, L.; DIABAT, A. A decision making trial and evaluation laboratory approach to analyze the barriers to Green Supply Chain Management adoption in a food packaging company. **Journal of Cleaner Production**, v. 117, p. 19-28, 2016.

WANG, Z.; MATHIYAZHAGAN, K.; XU, L.; DIABAT, A. A decision making trial and evaluation laboratory approach to analyze the barriers to Green Supply Chain Management

adoption in a food packaging company. **Journal of Cleaner Production**, v. 117, p. 19-28, 2016.

WITJES, S.; LOZANO, R. Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 112, p. 37-44, 2016. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.04.015

WOOD, D. A. Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 28, p. 594-612, 2016.

XIA, M.; XU, Z. Entropy/cross entropy-based group decision making under intuitionistic fuzzy environment. **Information Fusion**, v. 13, n. 1, p. 31-47, 2012.

YANG, Y.; WU, L. Grey Entropy Method for Green Supplier Selection. In: Proceedings of the International Conference on Wireless Communications. **Networking and Mobile Computing (WiCOM'07)**. Shanghai , China. p. 4682-4685. 2007.

YUE, C. Entropy-based weights on decision makers in group decision-making setting with hybrid preference representations. **Applied Soft Computing**, v. 60, p. 737-749, 2017.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**. v. 8, n. 3, p. 338-353. 1965.

ZAKERI, S.; KERAMATI, M. A. Systematic combination of fuzzy and grey numbers for supplier selection problem. **Grey Systems: Theory and Application**. v. 5, n.3, p. 313-34. 2015.

ZHANG, L.; ZHOU, D. Q.; ZHOU, P.; CHEN, Q. T. Modelling policy decision of sustainable energy strategies for Nanjing city: A fuzzy integral approach. **Renewable Energy**, v. 62, p. 197-203, 2014.

ZHANG, S.F.; LIU, S.Y. A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. **Expert Systems with Applications**, v. 38 n. 9, p. 11401-11405. 2011.

ZHANG, X.; JIN, F.; LIU, P. A grey relational projection method for multi-attribute decision making based on intuitionistic trapezoidal fuzzy number. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 5, p. 3467-3477, 2013.

ZHAO, X.; HUANG, K.; LI, G. Manufacturing vendor selection based on cross-entropy measure with fuzzy VIKOR method. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 9, p. 1973-1978, 2013.

ZHU, Q.; SARKIS, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing

enterprises. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 3, p. 265-289. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>. 2004.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K.H. Green supply chain management: Pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 11, p. 1041- 1052. 2007a.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K.H. Initiatives and outcomes of green supply chain management implementation by Chinese manufacturers. **Journal of Environmental Management**, v. 85, n. 1, p. 179-189. 2007b.