

APLICAÇÃO DO MÉTODO FUZZY-TOPSIS NO PROBLEMA DE PORTFÓLIO DE COMPRAS HOSPITALARES

MEDEIROS, M.; FERREIRA, L.

RESUMO

O presente artigo apresenta pela primeira vez na literatura um modelo de portfólio voltado para gestão de compras hospitalares, por meio da aplicação do método multicritério de apoio a decisão Fuzzy-TOPSIS. O modelo proposto por Kraljic [1983] foi utilizado como base para a definição das dimensões e dos critérios de avaliação. A pesquisa foi realizada em um Hospital localizado em Natal/RN e utilizou uma amostra doze itens de compras nos experimentos com o modelo proposto. Os resultados identificaram três itens estratégicos, seis itens gargalos, um item de alavancagem e dois itens não-críticos. Além disso, o método Fuzzy-TOPSIS apresentou-se como uma ferramenta flexível, capaz de se adaptar à resolução de problemas de classificação bidimensional e contribuir para a tomada de decisão de compras hospitalares.

Palavras-chave: Modelo de Portfólio de Compras. Compras Hospitalares. Fuzzy-TOPSIS.

Apoio à Decisão Multicritério, PO na Administração e Gestão da Produção

ABSTRACT

This article presents for the first time in the literature a portfolio model for hospital procurement management by using the multi-criteria method Fuzzy-TOPSIS. The model proposed by Kraljic [1983] was utilized as reference to define the dimensions and criteria of evaluation. This research was conducted in a hospital located in Natal/RN and utilized a sample of twelve purchase items in the experiments with the proposed model. The results obtained identify three strategic items, six items bottlenecks, one leverage item and two non-critical items. The Fuzzy-TOPSIS method proved to be a flexible tool, enabling the resolution of two-dimensional classification problem and improving the purchase decision-making process.

Keywords: Purchasing Portfolio Model. Hospital purchases. Fuzzy-TOPSIS.

Multicriteria Decision Support, Administration & Production Management

1. INTRODUÇÃO

Historicamente as despesas com suprimentos hospitalares constituíram até 45% dos custos totais [Jayaraman *et al.* 2014], [Lambert *et al.* 1997]. Com a tendência de crescimento projetado, hospitais e sistemas de saúde, gastam mais em suas cadeias de suprimentos do que na prestação do serviço de saúde [Chen *et al.* 2013]. Desse modo, a gestão da cadeia de suprimentos tornou-se uma das áreas mais importantes para os CEO's e liderança executiva dos hospitais.

O contexto hospitalar contempla diferentes classes de itens, com diferentes características de compras e fornecimento, assim a categorização desses itens se torna necessária para gestão estratégica de compras [Mettler e Rohner 2009] pelos seguintes motivos: (1) para alinhar a estratégia de compra dos itens com a estratégia de compra da organização; (2) para avaliar a complexidade de gestão de cada item, pois quanto mais crítico e importante é o item para empresa e quanto mais complexa e incerta for a condição do fornecimento, mais importante será sua gestão; (3) para estabelecer modelos de gestão diferenciados de acordo com cada perfil de classe de fornecedores; (4) para priorizar a gestão de estoques e avaliação de fornecedores de itens de compras considerados críticos, em particular, aqueles que oferecem risco de vida aos pacientes.

Os modelos de portfólio têm se destacado como uma importante ferramenta de apoio a gestão de compras por categorizar os materiais e apontar a necessidade de relacionamentos distintos entre grupos de fornecedores, em função do tipo e função estratégica do item comprado para a organização [Kraljic 1983], [Olsen e Ellram 1997], [Park *et al.* 2010]. Embora tenha surgido outros modelos de portfólio de compras, o modelo proposto por Kraljic [1983] é o mais utilizado, sendo considerado a obra seminal e a base para a proposição de diversos outros modelos [Cox 2015], [PARK *et al.* 2010], [Wagner *et al.* 2013].

A matriz de portfólio de compras proposta por Kraljic [Kraljic, 1983], que se baseia nas dimensões de importância de compra (IC) e complexidade do mercado de fornecimento (CMF), é um valioso instrumento para definição de estratégia de compras. Os métodos multicritério são amplamente conhecidos na literatura por tratar de problemas onde a subjetividade do decisor está presente e pela avaliação de alternativas diante de múltiplos critérios. Mais recentemente, têm sido utilizados no contexto de gestão de compras, avaliação e seleção de fornecedores e em modelos de portfólio de compras [Drake *et al.* 2013], [Ferreira *et al.* 2015]. No entanto, quando se trata do contexto hospitalar, o trabalho de Nudurupati *et al.* [2015] desponta como o trabalho mais importante, onde os autores descrevem como a empresa usa o modelo de portfólio de compras de Kraljic [KPM] na triagem de fornecedores potenciais.

Somado aos métodos multicritérios tradicionais, a teoria dos conjuntos *fuzzy* (*fuzzy set theory* - FST) tem sido aplicada utilizada em estudos em que variáveis qualitativas precisam ser quantificadas. FST é também uma linguagem de modelagem poderosa para lidar com situações reais de imprecisão, comumente encontradas nos processos de tomada de decisão [Chen *et al.* 2006], [Kar e Pani 2014].

TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) é um método multicritério onde a alternativa escolhida deve ter simultaneamente a menor distância em relação a solução ideal positiva (PIS) e a maior distância em relação a solução ideal negativa (NIS) [Chen 2000]. Este método foi proposto por Hwang e Yoon [1981], embora a primeira extensão *fuzzy* do método foi apresentada por de Chen [Chen 2000] que consolidou Fuzzy-TOPSIS para tornar-se um dos métodos multicritério mais utilizados.

Fuzzy-TOPSIS é amplamente utilizado e pode ser combinado com o KPM pelas seguintes razões [Chen 2000], [García-Cascales e Lamata 2012]: (i) a abordagem é racional e compreensível; (ii) o cálculo os processos são simples; (iii) o conceito permite a busca de as melhores alternativas para cada um dos critérios descritos em uma forma matemática simples; (iv) os pesos de importância são incorporados os procedimentos de comparação, e (v) é amplamente utilizado para problemas de agrupamento.

Diante dos altos custos das compras hospitalares, das diferentes classes de itens e da necessidade de um modelo de apoio a decisão que oriente os gestores quanto a identificação dessas classes, de modo a subsidiar a gestão de compras e relacionamento com fornecedores, este

estudo contribui para suprir uma importante lacuna na literatura, aplicando pela primeira vez, a teoria de portfólio de compras no contexto hospitalar por meio da aplicação do método Fuzzy-TOPSIS, em um hospital particular da cidade de Natal-RN.

O restante do artigo está organizado como segue: a Seção 2 apresenta uma breve revisão de literatura contendo definições necessárias ao entendimento do modelo proposto. A Seção 3 descreve a estruturação do modelo e resultados. A Seção 4 apresenta a análise dos resultados, e, por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais dessa pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MODELOS DE PORTFÓLIO DE COMPRAS

Um modelo de portfólio de compras pode ser conceituado como uma ferramenta de diagnóstico e análise, de caráter prescritivo, capaz de sinalizar as diferentes classes de itens comprados [Kraljic 1983], [Olsen e Ellram 1997], [Caniëls e Gelderman 2005], [Wagner *et al.* 2013].

Os critérios que compõem as dimensões do modelo devem refletir a realidade da gestão de compras do setor estudado [Kraljic 1983], [Olsen e Ellram 1997], [Day *et al* 2010]. Desse modo, a classificação adequada dos itens nos quadrantes, depende da correta definição dos critérios e posterior avaliação dos itens em relação a esses critérios, se constituindo assim, claramente, como um problema de decisão multicritério.

A principal vantagem para a gestão de compras na utilização do modelo de portfólio de compras é o entendimento da importância estratégica dos itens comprados e das diferentes relações com sua base de fornecimento e, a partir daí, direcionar ações adequadas onde em função do tipo de relacionamento existente, consiga-se impedir o oportunismo, explorar seu poder de barganha, ou construir relação de parceria, em que o poder é compartilhado [Andersson e Servais 2010], [Day *et al* 2010].

Kraljic [1983] classifica os itens comprados baseado em duas dimensões: a importância estratégica dos itens comprados e a complexidade do mercado de fornecimento desses itens. Resultando em quatro categorias de itens: não crítico, alavancagem, gargalo e estratégico, conforme Figura 1.

Figura 1 - Matriz de Classificação de Itens Comprados



Fonte: Adaptado de Kraljic [1983]

É recomendado as seguintes estratégias para cada categoria de itens: para itens não-críticos, deve-se buscar a simplificação e padronização dos processos de compras, de modo a reduzir os custos. Para itens de alavancagem, deve-se procurar obter vantagem competitiva, em função do poder de barganha do comprador. Para itens gargalos, recomenda-se buscar a diversificação do fornecimento, ao mesmo tempo, garantir o mesmo, evitando rupturas. Para itens estratégicos, deve-se buscar relações de aliança e colaboração a longo prazo [Kraljic 1983], [Caniëls e Gelderman 2005], [Cox 2015].

Os métodos multicritérios de apoio a decisão (MCDM) foram utilizados em alguns estudos para classificação dos itens na matriz de portfólio de compras, conforme Quadro 1, onde pode-se verificar que o método predominante é o AHP.

Quadro 1 -Aplicação de MCDM em Modelos de Portfólio de Compras

Autor/ ano	Foco	MCDM
Olsen e Ellran 1997	Desenvolveram um modelo de portfólio para avaliar o relacionamento com fornecedores, baseado nas dimensões de atratividade e intensidade do relacionamento.	AHP
Park <i>et al.</i> 2010	Desenvolveu um modelo de portfólio baseado nos modelos de Kraljic [1983] e Olsen; Ellram, [1997], para apoio a gestão de relacionamento com fornecedores.	AHP
Drake <i>et al.</i> 2013.	Desenvolveu um modelo de portfólio em que propunha a classificação dos itens em ágil, enxuto, não-crítico e ágil/enxuto.	AHP
Ferreira <i>et al.</i> 2015	Aplicou o modelo de portfólio de Kraljic [1983] na classificação de itens na indústria de construção civil.	AHP e Escalonamento multidimensional

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

2.2. MÉTODO Fuzzy-TOPSIS

Criado por Chen [2000], o método Fuzzy-TOPSIS, é uma versão do método TOPSIS para ser utilizado quando se faz uso de valores linguísticos nas escalas de mensuração. Assim como no TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), o Fuzzy-TOPSIS também se baseia na escolha das melhores alternativas em relação a sua aproximação com a solução ideal positiva (PIS) e maior distanciamento da solução ideal negativa (NIS). O que altera, nesse método, é a lógica que permeia seus procedimentos.

Chen *et al.* [2006] resumem a aplicação do método Fuzzy-TOPSIS conforme segue:

1. Estruturado o problema de decisão, identificado decisores, e o conjunto de critérios e alternativas, deve-se escolher os termos linguísticos apropriados para mensurar a importância relativa dos critérios e para avaliar o desempenho das alternativas em relação a esses critérios. Esses termos linguísticos serão associados a números *fuzzy* trapezoidais positivos (TPFN).
2. Agregar os valores linguísticos de cada um dos decisores, em relação à ponderação dos critérios j e alternativas i , associados a números *fuzzy* trapezoidais.

$$\tilde{w}_j = (\tilde{w}_{j1}, \tilde{w}_{j2}, \tilde{w}_{j3}, \tilde{w}_{jk},) \quad (1)$$

No caso de mais de um decisor, a agregação dos pesos pode ser calculada, conforme segue:

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jkl}\}, \quad w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, \quad (2)$$

$$w_{j3} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk3}, w_{j4} = \max_k \{w_{jk4}\}$$

As avaliações dos decisores em relação ao desempenho das alternativas (\tilde{x}_{ij}), podem ser, assim descritas:

$$\tilde{x}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, \tilde{c}_{ij}, \tilde{d}_{ij},) \quad (3)$$

No caso de mais de um decisor, a agregação das avaliações do conjunto de decisores pode ser calculada conforme segue:

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk}, \quad (4)$$

$$c_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c_{ijk}, \quad d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\}.$$

3. Construir a matriz de decisão *fuzzy*. Uma matriz de decisão *fuzzy* \tilde{D} corresponde ao desempenho do conjunto de alternativas (m), em relação ao conjunto de critérios (n) e um vetor de pesos (w), podendo ser descrita conforme abaixo:

$$\tilde{D}_K = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ A_2 & \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix} \quad (5)$$

$$\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2 \dots \tilde{w}_n]$$

4. Obter a matriz de decisão *fuzzy* normalizada e ponderada. A normalização da matriz *fuzzy* pode ser obtida conforme abaixo:

Dividindo-se os valores de cada x_{ij} da matriz \tilde{D} , pelo maior valor do conjunto de critérios referente a benefícios (B), tal que:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right), \quad d_j^* = \max_i d_{ij}, \quad \tau \in B \quad (6)$$

Dividindo-se o menor valor do conjunto de critérios referente a custos (C), por cada x_{ij} da matriz \tilde{D} , tal que:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad j \in C \quad (7)$$

A matriz *fuzzy* ponderada (\tilde{V}) é obtida por meio da multiplicação da matriz normalizada (\tilde{R}), pela importância relativa de cada critério, conforme segue:

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

5. Determinar a solução ideal positiva (FPIS) e a solução ideal negativa (FNIS).

O FPIS (A^*) é um conjunto formado pelo maior valor de cada critério, entre todas as alternativas, e pode ser descrito como:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (9)$$

Onde:

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

FNIS (A^-) é um conjunto formado pelo menor valor de cada critério, entre todas as alternativas, e pode ser descrito como:

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (11)$$

Onde: (12)

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

6. Calcular a distância de cada alternativa em relação a FPIS e a distância de cada alternativa em relação a FNIS; As distâncias d_i^* e d_i^- podem ser calculadas conforme segue:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

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

Onde:

$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j)$ representa a distância entre dois números *fuzzy*, que pode ser obtida por meio do método do vértice, conforme abaixo:

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) \quad (14)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{4} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]}$$

7. Calcular o coeficiente de proximidade (CC_i) de cada alternativa.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

8. Ordenar as alternativas de forma decrescente pelo CC_i .

3. ESTUDO DO CASO

Esta seção apresenta a estruturação do problema de acordo com os parâmetros necessários para utilização do método Fuzzy-TOPSIS no contexto a ser abordado neste trabalho. Assim, inicialmente a Subseção 3.1 apresenta as etapas de levantamento e estruturação dos dados, enquanto que a seção 3.2 apresenta os resultados obtidos a partir da resolução do modelo proposto.

3.1 DADOS DE ENTRADA

O Hospital onde este estudo se realizou foi fundado em 2000 na cidade de Natal/RN e trabalha nas mais diversas áreas de atendimento especializado, sendo referência no Nordeste brasileiro. O setor de compras do Hospital é uma área crítica da empresa. É composto por oito profissionais, dentre estes um gestor de compras. De todos os custos do Hospital, no ano de 2014, os gastos com compras chegaram a 45,65%.

Atualmente, a empresa utiliza a curva ABC para classificar os itens de compra, no entanto, o critério utilizado nessa classificação (custo total) não reflete a complexidade das características do processo de compra e fornecimento do Hospital, tampouco, apresenta indicações de gestão estratégica para as categorias identificadas, sendo necessária aos gestores uma ferramenta que capte essas características, bem como que indique posturas adequadas a cada categoria de itens.

Uma das primeiras etapas realizadas foi identificar um conjunto de critérios específicos para sendo utilizados no contexto hospitalar, de acordo com o problema de pesquisa. Devido as particularidades do contexto hospitalar, já relatadas na introdução desse artigo, foram incluídos no modelo dois critérios (risco e *lead time*) que impactam diretamente na tomada de decisão de compras hospitalares [Ghatari *et al.* 2013], [Karsak e Dursun 2015]. Os demais critérios foram extraídos do modelo original de Kraljic [1983]. O Quadro 2 descreve os critérios utilizados na análise de cada dimensão do modelo.

Quadro 2 – Critérios Utilizados na Classificação dos Itens

CRITÉRIOS DA DIMENSÃO IMPORTÂNCIA DA COMPRA	
C1 – Rentabilidade	O quanto que o item influencia no lucro da empresa.
C2 - Crescimento do Negócio	O quanto o item impacta na imagem da empresa e/ou no crescimento do negócio.
C3 - Custo do material	O impacto do custo total de aquisição do material.
C4 – Risco	O quanto que a falta deste item, pode gerar risco de morte ou sequelas
CRITÉRIOS DA DIMENSÃO COMPLEXIDADE DO FORNECIMENTO	
C5 - Escassez da oferta	Quantidade de fornecedores disponíveis no mercado para o item.
C6 - Barreiras à entrada	Limitações do fornecimento decorridos por diversos fatores.
C7 - Avanço tecnológico	Nível de avanço tecnológico dos produtos que tornam difícil a substituição tanto do item como de fornecedores.
C8 – Lead Time	Dificuldade quanto ao tempo de ressuprimento do item, interferindo nos procedimentos de compra e volumes de estoque.

Fonte: Baseado em Kraljic, 1983.

A avaliação de critérios e alternativas foram realizadas utilizando questionário. Participaram nesse estudo como decisores: o gestor de compras, um médico, e o gestor de faturamento do Hospital. A escolha por profissionais de áreas diferentes, deve-se à necessidade de conhecimentos específicos para avaliar os critérios envolvidos no modelo. Desse modo, os critérios “risco” e “avanço tecnológico” foram avaliados pelo médico. O critério “rentabilidade” foi avaliado pelo gestor de faturamento e os demais critérios, foram avaliados pelo gestor de compras. Como cada critério foi avaliado por um decisor, não foi necessária a etapa de agregação de pesos.

A definição das alternativas foi realizada pelo gestor de compras do Hospital, sendo selecionada uma amostra de 12 itens, com diferentes impactos estratégicos e riscos de fornecimento, conforme Quadro 3:

Quadro 3 – Itens de Compras Utilizados na Pesquisa

A1. - Manta térmica de corpo inteiro	A7. - Prótese ortopédica de quadril
A2. - Stent coronário	A8. - Tela de prolene
A3. - Compressa neurocirúrgica	A9. - Prothromplex T FA- 600UI
A4. - Ambisome FA 50mg	A10. - Sonda naso-enteral N° 12
A5. - Conjunto para implante coclear	A11. - Cateter hidratação venosa
A6. - Conjunto drenagem pneumotorax	A12. - Sonda uretral n° 14

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

Os termos linguísticos foram expressos por meio de funções de pertinência trapezoidais indicadas para capturar a incerteza e imprecisão das avaliações linguísticas [Chen *et al.* 2006], Shiraz *et al.* 2014] conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Termos Linguísticos para Avaliação dos Critérios

Termos Linguísticos	Sigla	Número <i>fuzzy</i>
Importância Baixíssima	IBX	(0,00; 0,15; 0,20;0,20)
Importância Baixa	IB	(0,20; 0,30; 0,40;0,40)
Importância Moderada	IM	(0,40; 0,50; 0,60;0,60)
Importância Alta	IA	(0,60; 0,70; 0,80;0,90)
Importância Extrema	IE	(0,80; 0,90; 1,00;1,00)

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

Tabela 2 – Termos Linguísticos para Avaliação das alternativas

Termos Linguísticos	Sigla	Número <i>fuzzy</i>
Influência nula	IN	(0,0; 0,0; 0,10; 0,20)
Baixíssima influência	BSI	(0,05; 0,15; 0,15; 0,20)
Baixa influência	BI	(0,20; 0,30; 0,40; 0,50)
Influência moderada	IM	(0,40; 0,50; 0,50; 0,60)
Influência alta	IA	(0,50; 0,60; 0,70; 0,80)
Influência muito alta	IMA	(0,70; 0,80; 0,80; 0,90)
Influência Extrema	IE	(0,80; 0,90; 1,00; 1,00)

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

No processo de elicitación dos pesos foi utilizado o procedimento de *swing weights*, ou seja, para cada dimensão analisada, o decisor definiu os critérios com maior e menor importância, recebendo o maior e menor valor da escala utilizada como referência. Os demais critérios receberam pesos proporcionais aos extremos.

3.2 RESULTADOS OBTIDOS

Como o modelo teórico de portfólio de compras trata da classificação dos itens baseado no desempenho bidimensional (importância de compra e complexidade de fornecimento), o método Fuzzy-TOPSIS foi aplicado, separadamente, para cada dimensão e seus respectivos conjuntos de critérios. Posteriormente, foram formados pares ordenados dos resultados dos CC_i dos itens na primeira classificação, de modo a identificar as categorias que os mesmos pertenciam, conforme a matriz de portfólio de compras de Kraljic [1983]. A Tabela 3 apresenta as regras de decisão utilizadas na classificação final.

Tabela 3 - Regras de Decisão para Classificação dos Itens na Matriz de Portfólio

Classificação na Dimensão Importância de Compra	Classificação na Dimensão	
	Complexidade de Fornecimento	Classificação na Matriz Portfólio
$CC_i \in [0.00, 0.50]$	$CC_i \in [0.00, 0.50]$	Item Não-crítico
$CC_i \in [0.00, 0.50]$	$CC_i \in [0.51, 1.00]$	Item Gargalo
$CC_i \in [0.51, 1.00]$	$CC_i \in [0.00, 0.50]$	Item Alavancagem
$CC_i \in [0.51, 1.00]$	$CC_i \in [0.51, 1.00]$	Item Estratégico

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Uma vez definidos os critérios, decisores, alternativas e termos linguísticos, o próximo passo foi construir a matriz de decisão *fuzzy* para cada dimensão, na qual os valores linguísticos atribuídos pelos decisores para as alternativas e critérios, foram associados a números *fuzzy* trapezoidais.

Tabela 4 - Dimensão Importância da Compra

	C1	C2	C3	C4	d_i^*	d_i	CC_i
A1	IA	BSI	BI	BSI	2,25	1,01	0,31
A2	IA	IA	IA	IE	1,22	2,13	0,64
A3	BI	IM	BSI	IM	2,20	1,03	0,32
A4	BI	IA	IM	BI	1,91	1,36	0,42
A5	IE	IE	IE	IMA	0,79	2,62	0,77
A6	IA	BI	BI	IA	1,79	1,51	0,46
A7	IMA	IA	IMA	IMA	1,04	2,26	0,69
A8	BI	IM	BI	BSI	2,27	0,99	0,30
A9	IM	IA	IM	IA	1,60	1,67	0,51
A10	BSI	IM	IN	BI	2,51	0,74	0,23
A11	IN	BSI	IN	IE	2,38	0,93	0,28
A12	BSI	BSI	IN	BI	2,70	0,55	0,17
Peso	IA	IM	IE	IA			

Fonte: Dados da Pesquisa, 2015

Após, foram determinados os FPIS e FNIS, calculadas as distâncias em relação as soluções ideais e, por último, foi calculado o coeficiente de proximidade (CC_i) para cada alternativa, conforme explicado na seção 2.2. As Tabelas 4 e 5 demonstram os resultados.

Tabela 5 - Dimensão Complexidade do Fornecimento

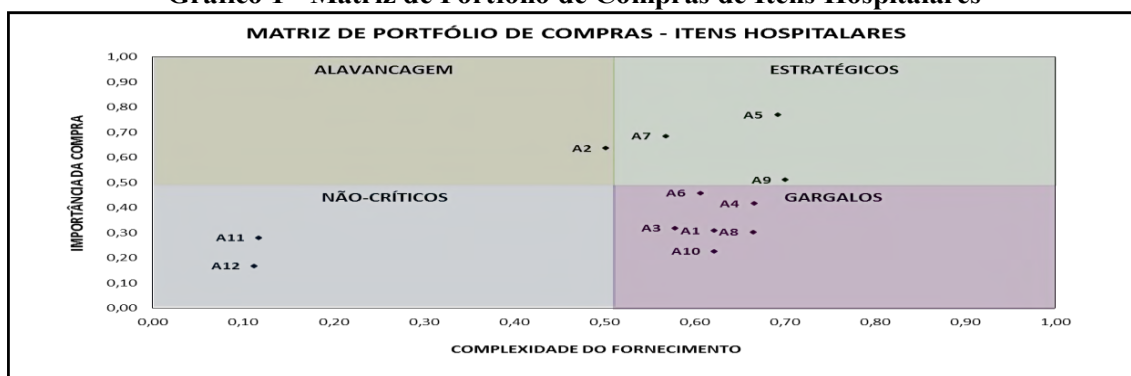
	C5	C6	C7	C8	d_i^*	d_i^-	CC_i
A1	DMA	DMA	BD	DMA	1,08	1,78	0,62
A2	DMA	DA	BD	DN	1,41	1,43	0,50
A3	DMA	DA	DM	DM	1,19	1,64	0,58
A4	DE	DMA	DE	DN	0,97	1,94	0,67
A5	DMA	DE	DE	BD	0,90	2,02	0,69
A6	DE	DMA	BD	BD	1,13	1,75	0,61
A7	DA	DA	DMA	BD	1,24	1,63	0,57
A8	DE	DMA	DM	DA	0,97	1,92	0,67
A9	DMA	DMA	DE	DA	0,87	2,03	0,70
A10	DMA	DMA	BD	DMA	1,08	1,78	0,62
A11	BSD	BSD	BSD	BSD	2,44	0,32	0,12
A12	BSD	BSD	BSD	DN	2,46	0,31	0,11
Peso	IE	IA	IM	IB			

Fonte: Dados da Pesquisa, 2015

Com base nos pares ordenados dos CC_i encontrados para cada item, nas dimensões de importância de compra e complexidade de fornecimento, as alternativas foram classificadas em função das regras de decisão, conforme Tabela 3.

O Gráfico 1 ilustra o posicionamento de cada item avaliado nos quadrantes da matriz, facilitando o entendimento da classificação proposta, bem como a distância entre as alternativas. O posicionamento das alternativas no gráfico corresponde ao par ordenado dos valores atribuídos a cada uma delas nos cálculos do CC_i das dimensões complexidade de fornecimento (eixo x) e de importância de compra (eixo y). O item A1, por exemplo, foi classificado como um item Gargalo por estar associado com o par-ordenado (0,62; 0,31), já o item A7 foi classificado como estratégico por estar associado ao par-ordenado (0,57; 0,69).

Gráfico 1 - Matriz de Portfólio de Compras de Itens Hospitalares



Fonte: Dados da Pesquisa, 2015

Após a obtenção dos resultados finais, foi realizada a análise de sensibilidade, baseada na aplicação de Kannan *et al.* [2013]:

- I) Alterou-se o peso dos critérios C2 de “IM” para “IE” e C3 de “IE” para “IM”;
- II) Alterou-se o peso dos critérios C2 de “IM” para “IE” e C3 de “IE” para “IBX”;
- III) Alterou-se o peso dos critérios C5 de “IE” para “IB” e C8 de “IB” para “IE”;
- IV) Alterou-se o peso dos critérios C5 de “IE” para “IBX” e C8 de “IB” para “IE”.

A Tabela 6 apresenta os resultados desta etapa, demonstrando a robustez do modelo, que evidenciou apenas duas modificações e para tal, seriam necessárias alterações extremas nos pesos dos critérios.

Tabela 6 – Análise de Sensibilidade

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA DIMENSÃO IMPORTÂNCIA DA COMPRA												
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Cenário Atual	0,31	0,64	0,32	0,42	0,77	0,46	0,69	0,30	0,51	0,23	0,28	0,17
C2= IE e C3=IM	0,27	0,65	0,37	0,43	0,77	0,47	0,67	0,30	0,53	0,28	0,32	0,18
C2= IE e C3=IBX	0,26	0,65	0,40	0,42	0,76	0,48	0,66	0,30	0,54	0,30	0,35	0,19
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA DIMENSÃO COMPLEXIDADE DE FORNECIMENTO												
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Cenário Atual	0,62	0,50	0,58	0,67	0,69	0,61	0,57	0,67	0,70	0,62	0,12	0,11
C5= IB e C8=IE	0,64	0,36	0,53	0,51	0,61	0,50	0,52	0,63	0,69	0,64	0,13	0,12
C5= IBX e C8=IE	0,64	0,34	0,52	0,48	0,60	0,48	0,52	0,61	0,68	0,64	0,13	0,12

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os itens A11 e A12 apresentam baixo impacto nos custos e rentabilidade e com facilidade no fornecimento dos mesmos, classificados assim como “não-críticos”. É recomendado para esta categoria a padronização dos procedimentos, visando otimizar e garantir redução de custos ao processo de compras [Kraljic 1983]; a consolidação de grandes volumes de compra para barganhar preços mais competitivos; mecanismos de autogerenciamento para ponto de pedido [Olsen e Ellran 1997].

O item A2 foi classificado na categoria de alavancagem. O mesmo tem um impacto alto para o crescimento do negócio e para imagem da empresa, além de ter uma influência alta na rentabilidade e um alto custo de aquisição. É recomendado para itens de alavancagem, que os gestores de compras trabalhem o conceito de princípio da alavancagem, em que a redução de pequenos percentuais no valor unitário do produto, geram grandes economias, devido seu alto custo de aquisição e volume comprado [Kraljic 1983], [Olsen e Ellran 1997].

Apesar desse item ter um número considerável de fornecedores no mercado, seu processo de fornecimento, o poder de barganha dos compradores é fragilizado devido às diferentes tabelas de preços praticados pelos planos de saúde conveniados com o Hospital [Vecina Neto e Malik 2007]. Esta idêntica situação foi evidenciada no estudo de Grennan [2014].

Os itens gargalos foram em maior volume no estudo: A1, A3 A4, A6, A8 e A10. Os itens gargalos são aqueles cujos fornecedores exercem uma relação de poder em relação aos seus compradores. A questão, porém, evidenciada nesse estudo, é que parte desse poder não é determinado por características do mercado de fornecimento devido à escassez de fornecedores, como anunciado por Kraljic [1983], Olsen e Ellran [1997] e Caniels e Gelderman [2005], mas sim, por preferência médica por determinados fornecedores. Desse modo, a preferência médica por marcas específicas, em função da qualidade dos produtos, gera uma redução das opções de fornecedores. Por este motivo, o critério “barreiras à entrada” (C6) da dimensão complexidade de fornecimento recebeu peso de importância alta neste trabalho.

Para os itens classificados na categoria gargalo, devido a uma real dominação por parte do mercado fornecedor, Caniels e Gelderman [2005] sugerem dois tipos de estratégia. A primeira consiste em aceitar a dependência do fornecedor e buscar minimizar as consequências, ou seja, o foco é não deixar faltar produto. A segunda estratégia é tentar reduzir a dependência do fornecedor, ampliando o leque de produtos substitutos e buscando novos fornecedores.

Os itens A5, A7 e A9 classificados como estratégicos, devem receber maior atenção por parte da empresa.

O item A5 teve o CCI de importância de compra mais alta entre todos os itens e o segundo CCI mais alto na dimensão complexidade de fornecimento, sendo considerado, entre os itens da amostra, o mais estratégico. Ele é utilizado no procedimento de implante coclear, tendo

alto impacto na projeção da imagem da empresa, além do seu alto custo e rentabilidade. O item A7 faz parte do setor de ortopedia, que vem crescendo no Hospital. Este item é gerenciado no Hospital de modo especial, dado seu alto custo de aquisição e frequentes auditorias realizadas pelos planos de saúde. O item A9 (PROTHROMPLEX T FA 600-UI), apesar de uma complexidade de fornecimento alta, teve um escore na dimensão importância de compra no seu limite mínimo para ser considerado estratégico, o que demonstra que o maior impacto dele está no fornecimento.

Em função do alto impacto nos lucros e o risco de fornecimento que caracterizam os itens estratégicos, esses requerem maior acompanhamento por parte da gestão de compras [Kraljic 1983], [Olsen e Ellran 1997], [Caniëls e Gelderman 2005], sendo indicado a abordagem de compra colaborativa [Park *et al.*, 2010] e de parceria estratégica [Caniëls e Gelderman, 2005].

5. CONCLUSÃO

Diante da importância da eficiência na gestão de compras para redução dos custos e melhoria da competitividade das organizações, o presente estudo, realizado em um Hospital da cidade de Natal/RN, teve por objetivo desenvolver um modelo de portfólio para gestão estratégica de compras hospitalares, baseado no modelo de portfólio de compras proposto por Kraljic [1983].

Este estudo atendeu aos objetivos propostos. Foram identificados os critérios intrínsecos à gestão de compras do Hospital estudado. Por meio da aplicação do método de apoio à decisão Fuzzy-TOPSIS, os itens de compras, que serviram de amostra, foram classificados na matriz de portfólio de compras.

Os decisores validaram os resultados encontrados e comprovaram a importância do modelo, que elucidou informações estratégicas para gestão de compras, que no método ABC não se captava. A exemplo, itens que por ter um baixo custo, não recebiam uma atenção diferenciada no método ABC, e que por meio do modelo de portfólio desenvolvido, foi diagnosticado como um item gargalo, que requer uma gestão diferenciada.

Ao final do experimento, constatou-se que o modelo elaborado é flexível no trato do problema, robusto em relação aos resultados produzidos e capaz de captar com eficiência o julgamento do especialista mediante incerteza.

A relevância deste estudo reside tanto na sua contribuição prática, quanto para o avanço do estado da arte de modelos de portfólio de compras por três aspectos específicos: a análise da ferramenta de portfólio de compras voltada para o ambiente hospitalar; a inclusão dos critérios risco e *lead time* no modelo, visando atender às particularidades da gestão de compras hospitalares e à proposta de solução do modelo por meio do método multicritério Fuzzy-TOPSIS, ainda não utilizado em estudos prévios dessa temática.

Para estudos futuros, sugere-se uma ampliação deste, envolvendo outras unidades hospitalares, visando discutir mais profundamente o conjunto de critérios que permeiam as definições de importância de compra e complexidade de fornecimento no contexto de compras hospitalares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersson, S. e Servais, P. (2010). Combining industrial buyer and seller strategies for international supply and marketing management. **European Business Review**, v.22, p. 64–81.
- Caniëls, M.C.J. e Gelderman, C.J. (2005). Purchasing strategies in the Kraljic matrix: A power and dependence perspective. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.11, p.141-155.
- Chen, C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, p. 1-9.
- Chen, C.T., Lin, C.T. e Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **International Journal Production Economics**, v. 102, p. 289-301.

- Chen, D. Q., Preston, D. S. e Xia, W. (2013) Enhancing Hospital supply chain performance: a relational view and empirical test. **Journal of Operations Management**, v.31, p. 391-408.
- Cox, A. (2015). Sourcing portfolio analysis & power positioning: towards a 'paradigm shift' in category management & strategic sourcing. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 20, n.6, p. 1-47.
- Day, M., Mangan, G.M. e Moeller, M.M. (2010). Evaluating the bases of supplier segmentation: a review and taxonomy. **Industrial Marketing Management**, v. 39, p. 625-639.
- Drake, P.R., Lee, D.M. e Hussain, M. (2013). The lean and agile purchasing portfolio model. **Supply chain Management: An International Journal**, v.18, n.1.
- Ferreira, L.M.D.F, Arantes, A. e Kharlamov, A.A. (2015). Development of a purchasing portfolio model for the construction industry: an empirical study. **Production Planning & Control**, v. 26, n. 5, p. 377-392.
- García-Cascales, S. e Lamata, M.T. (2012). On rank reversal and TOPSIS method. **Mathematical and Computer Modelling**, v.56, p.123-132.
- Ghatari, A.R. *et al.* (2013). Developing a Model for Agile Supply: an Empirical Study from Iranian Pharmaceutical Supply Chain. **Iranian Journal Pharmaceutical Research**, v.12, p.193-205.
- Grennan, M. (2014). Bargaining ability and competitive advantage: empirical evidence from medical devices. **Management Science**, v.60, p. 3011-3025.
- Hwang, Y.S. e Yoon, P.K. (1981). Multiple-attribute decision making: Methods and applications. Berlin: Springer.
- Jayaraman, *et al* (2014). Impacts and Role of Group Purchasing Organization in Healthcare Supply Chain. Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference.
- Kannan, D. *et al.* (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v.47, p. 355-367.
- Kar, A.K. e Pani, A.K. (2014). Exploring the importance of different supplier selection criteria. **Management Research Review**, v. 37, p. 89-105.
- Karsak, E.E. e Dursun, M. (2015). An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection. **Computers & Industrial Engineering**, v. 82, p. 82-93.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, set-oct, p. 109-117.
- Lambert, D.M., Adams, R.J. e Emmelhainz, M.A. (1997). Supplier selection criteria in the healthcare industry: a comparison of importance and performance. **International Journal of Purchasing and Materials Management**, p. 16-22.
- Mettler, T. e Rohner, P. (2009). Supplier relationship management: a case study in the context of health care. **Journal Theoretical and Applied Electronic Commerce Research**, v.4, p. 58-71.
- Nudurupati, S.S. *et al.* (2015). Strategic sourcing with multi-stakeholders through value co-creation: An evidence from global health care company. **International Journal Production Economics**, v. 166, p.248-257
- Olsen, R.F.; Ellram, L.M. (1997). A portfolio approach to supplier relationships. **Industrial Marketing Management**, v. 26, p. 101-113.
- Park, J. *et al.* (2010). An integrative framework for supplier relationship management. **Industrial Management & Data Systems**, v. 110, p. 495 - 515.
- Shiraz, S.E., Şengül, U. e Eren, M. (2014). Determination of extended fuzzy TOPSIS method of criteria leading to supplier selection for industries. **Asian Social Science**, v. 10, p. 1911-2025.
- Vecina Neto, G. e Malik, A.M. (2007). Tendências na assistência Hospitalar. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, p.825-839.
- Wagner, S.M., Padhi, S.S. e Bode, C. (2013). The procurement process. **Industrial Engineer**, v. 45, p. 34-39.