

MODELAGEM FUZZY PARA A GESTÃO DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A AQUISIÇÃO DE INSUMOS

FUZZY MODELING FOR SUPPLY MANAGEMENT:
A CASE STUDY ON THE PURCHASE OF SUPPLIES

Aline Botelho do Nascimento*
Regina Serrão Lanzillotti**

* Bacharel em Estatística pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Mestranda do Curso de Ciências Computacionais da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.
✉ alinepompeia@gmail.com

Resumo

A necessidade de gerenciar projetos de modernização impõe constantemente melhorar os processos de aquisição de bens. A tradição com os fornecedores não é a única forma de atuação, mas o conhecimento da relação custo/benefício contribui para a melhoria do processo de gestão. O objetivo deste artigo é classificar os insumos de forma qualiquantitativa sob a ótica dos Conjuntos Fuzzy (CF), que relaciona “valor” e “tempo de entrega do bem pelo fornecedor”. O sistema lógico Fuzzy propicia a interação dessas variáveis pela Máquina de Inferência Fuzzy, que correlaciona antecedentes e consequentes com a geração de regras da Lógica Fuzzy. Esta proposta foi aplicada a uma Empresa Pública que deveria decidir entre fornecedores oriundos de órgãos sediados no Exterior ou não. Nas aquisições via Exterior, verificou-se maior índice para a “Aquisição fora do tempo hábil” (40,43%), enquanto esta especificação para o mercado interno foi praticamente a metade (20,93%). As aquisições que poderiam ser consideradas como “Aquisição com risco de atraso” foram mais frequentes na Iniciativa Privada (25,58%), enquanto, ao ser comprado no Exterior, o índice cai para a metade. O modelo adotado permitiu facilitar a tomada de decisão do gestor responsável pela aquisição de bens relacionados à rotina laboral.

** Professor Adjunto do Curso de Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Graduada em Ciências Estatísticas pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE), Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE - UFRJ) e Doutora em Ciências, Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE - UFRJ).
✉ reginalanzillotti@terra.com.br

Palavras-chave: Gestão de insumos. Lógica Fuzzy. Tomada de decisão.

Abstract

The current environment inside and outside organizations is dynamic and full of uncertainties. Managers are overloaded due to the complexity of organizational processes. The daily demands of fast and assertive decisions require the use of decision-making tools that could increase the quality and speed of decision-making process. The need to manage projects of modernization imposes constant improvement of the processes of purchasing goods. Tradition with suppliers is not the only form of action, but knowledge of the cost / benefit relation contributes with the improvement of the management process. The objective of this work is to classify the inputs in a Qualiquantitative manner from the perspective of Fuzzy Sets (CF), which lists “value” and “time of delivery of the goods by the supplier.” The fuzzy logic system favors the interaction of these variables by the Fuzzy Inference Machine that correlates antecedents and consequents with the generation of Fuzzy Logic rules. This proposal was applied to a public company that should decide between suppliers originating from organs located abroad or not. In acquisitions via exterior, there was a higher incidence of “Acquisition outside the timely” (40.43%), while this specification to the domestic market was almost half (20.93%). Acquisitions that could be considered “at risk delay” were more frequent in the Private Sector (25.58%), while when being purchased abroad, the rate is halved. The model adopted has facilitated decision making of the manager responsible for the acquisition of goods related to the work routine.

Key words: Input Management. Fuzzy Logic. Decision Making.

1 Introdução

O ambiente atual, dentro e fora das organizações, é dinâmico e cheio de incertezas. Os gerentes estão sobrecarregados em razão da complexidade dos processos organizacionais. As exigências diárias de decisões rápidas e assertivas demandam o uso de ferramentas de tomada de decisão que possam aumentar a qualidade e velocidade do processo decisório (PEIXE et al., 2008). O processo de tomada de decisão dentro das organizações modernas demanda um profissional que conheça o ambiente em que a empresa está inserida e também esteja ciente

das suas constantes e frequentes mudanças. Por decisão, entende-se a escolha que alguém realiza entre, no mínimo, duas alternativas possíveis, utilizando o meio que julga ser o melhor disponível para atingir um determinado objetivo (CORRAR; THEÓPHILO, 2004).

Em meio à constante cobrança pela eficiência, um profissional deve dispor de conhecimentos técnicos do assunto sobre o qual vai opinar e também ser ágil no levantamento de todas as alternativas possíveis. Para atender a esta necessidade, o uso dos métodos quantitativos evoluiu para o conceito da Teoria da Decisão, a qual fornece diversas ferramentas e técnicas que contribuem para uma maior eficácia gerencial. Os métodos quantitativos modernos propiciam uma abordagem lógica de situações de incerteza, ambiente atual das organizações (PEIXE et al., 2008).

A necessidade de gerir novos projetos impõe melhorar constantemente os processos de aquisição de bens a serem utilizados. Embora a fidelidade dos fornecedores contribua para a melhoria do processo, não é a única forma a ser perseguida, mas avaliar a relação custo/benefício torna-se inevitável.

O estudo, ora relatado neste artigo, nasceu da necessidade de se avaliar em uma instituição pública, a demora na entrega de produtos fornecidos pelos órgãos de compra no Exterior ou não. Os insumos fornecidos com atraso têm encarecido demasiadamente o custo final de projetos de modernização, pois prolonga o término de sua execução. Em muitas organizações empresariais, a tomada de decisão na aquisição de insumos fica direcionada somente à oferta segundo os preços, mas é importante levar-se em consideração o tempo de entrega. Neste trabalho, não foram levados em consideração os impostos que incidem na comercialização, embora haja a necessidade do processo de licitação, o que onera o tempo para aquisição do bem.

A Lógica Fuzzy (nebulosa) permite a associação entre dados linguísticos e numéricos ao mesmo tempo e, recentemente, tem estado presente em aplicações no mundo dos negócios. A utilização de informação linguística é mais fácil que traduzir a realidade em variáveis numéricas. (CERESER, 2010). Por outro lado, a Lógica Fuzzy, uma técnica apropriada para lidar com situações de incerteza e subjetividade, configura-se como uma alternativa interessante, além de não necessitar de um tamanho de amostra grande.

O objetivo deste trabalho é classificar os insumos adquiridos para projetos de modernização sob a ótica dos Conjuntos Fuzzy (CF), relacionando as variáveis

linguísticas “valor” e “tempo de entrega do bem pelo fornecedor” mediante a inferência Fuzzy, que gera as regras antecedentes e consequentes (se...então).

2 Metodologia

A Lógica Fuzzy (LF) surgiu baseada na Teoria de Conjuntos Fuzzy, no ano de 1965, e o termo foi usado pela primeira vez em uma publicação feita por Lotfi A. Zadeh, na Califórnia (MALUTTA, 2004). Esta ciência destina-se a estudar os princípios formais do raciocínio aproximado, modelando modos imprecisos do raciocínio com papel fundamental na habilidade de tomar decisões. Esta lógica permite trabalhar com ambiguidade, abrindo uma perspectiva alternativa de estrutura que substitui a lei do meio excludente de Aristóteles pela lógica de Bertrand Russel, em que uma afirmativa ambígua pode ter valores em uma escala intervalar entre 0 e 1, valores considerados de pertinência. (LANZILLOTI, 1999). Segundo Braga, Barreto e Machado (1995), esta teoria permite dar forma matemática às expressões próprias da linguagem natural, sem diminuir a potência expressiva das mesmas.

2.1 Conjuntos Fuzzy

Um Conjunto Fuzzy A em um conjunto universo U é um conjunto de pares ordenados de um elemento genérico x , e seu grau de pertinência $\mu_A(x)$, que pode ser considerado como uma medida que expressa a possibilidade de um elemento ser membro de um CF.

$$A = \{(x, \mu_A(x) \mid x \in U)\}.$$

Quanto à representação, quando se tem um Conjunto Fuzzy Discreto (CFD) enumeram-se seus elementos junto com seus graus de pertinência, da seguinte forma:

$$A = \sum \mu_A(x_i) / x_i$$

em que o somatório refere-se à operação união (disjunção), e a notação $\mu_A(x_i) / x_i$ refere-se ao elemento x_i que pertence ao CF A com grau $\mu_A(x_i)$. Em geral, por simplicidade, somente são listados no conjunto A aqueles elementos cujo grau de pertinência é diferente de zero (ORTEGA, 2001).

Os CF não possuem fronteiras bem definidas e foram introduzidos uma vez que os conjuntos clássicos apresentavam limitações para tratar de problemas

em que o escalonamento das transições de uma classe para outra aconteciam de forma suave. A definição, as propriedades e operações dos Conjuntos Fuzzy fazem com que os Conjuntos Clássicos recaiam como um caso particular, tal como:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases}$$

em que U é o conjunto Universo, A é um subconjunto de U e x é um elemento de U , ou seja, a função característica é um mapeamento do conjunto universo no conjunto $[0; 1]$. Essa função característica discrimina, entre todos os elementos de U , aqueles que, segundo algum critério, pertencem ou não ao subconjunto A , dividindo o conjunto universo em duas partes com fronteira bem definida.

As operações básicas dos CF são a união (\cup), a intersecção (\cap) e o complemento, e eles podem ser expressos através da função característica. Seja A e B subconjuntos de U , então, temos respectivamente (ORTEGA, 2001):

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)),$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

e

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x).$$

Os CF podem ser representados por figuras geométricas. Neste trabalho foram empregados conjuntos trapezoidais e triangulares (Figura 1); foram utilizadas no suporte as variáveis “Valor das aquisições” e “Tempo das aquisições”, feitas por Empresas públicas ou não, que foram padronizadas em unidades do desvio padrão.

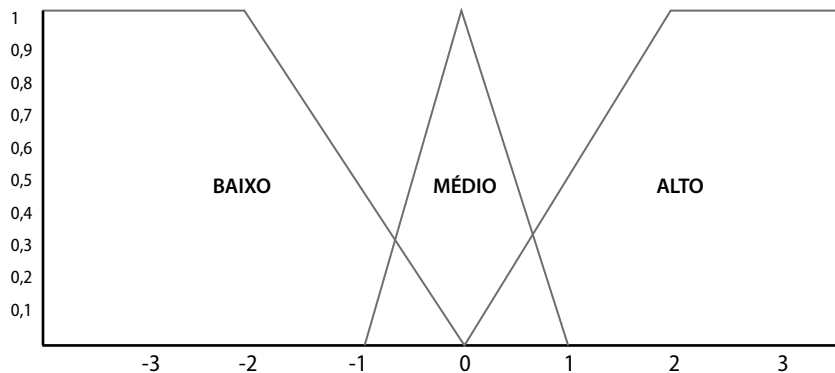


Figura 1 – Conjuntos Fuzzy para Valor Monetário e Tempo

Fonte: Os autores (2013)

2.2 Regras fuzzy:

A Regra Fuzzy (RF) é capaz de capturar algum conhecimento específico, sendo composta por uma parte antecedente (*Se*) e uma parte consequente (*Então*), resultando em uma estrutura do tipo:

$$Se \{antecedentes\} \text{ Então } \{consequentes\}$$

Um conjunto de regras descreve um sistema em suas várias possibilidades (ORTEGA, 2001). Os antecedentes descrevem uma condição (premissas), enquanto a parte consequente descreve uma conclusão ou uma ação que pode ser esboçada quando as premissas se verificam. Antecedentes definem uma Região Fuzzy (RF) no espaço das variáveis de entrada; já os consequentes, saída do sistema, qual seja a sua conclusão/ação (MALUTA, 2004).

2.3 Máquina de Inferência

Segundo Figueiredo e Teixeira (1998), para controlar adequadamente um processo, é preciso codificar o conhecimento que se tem sobre o mesmo na forma de regras antecedentes de um mecanismo que avalie se são pertinentes e as aplique produzindo uma saída, variáveis consequentes que foram consideradas as Linhas de Ação da Máquina de Inferência Fuzzy, Quadro 1.

| Valor Tempo | Baixo | Médio | Alto |
|--------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|
| Baixo | Aquisição Mediante Certificação | Aquisição de Rotina | Aquisição Emergencial |
| Médio | Aquisição com Risco de Atraso | Aquisição Mediante Pesquisa de Mercado | Aquisição Mediante a Necessidade |
| Alto | Aquisição fora do Tempo Hábil | Aquisição fora do Tempo Hábil | Aquisição Inviável |

Quadro 1 – Linhas de Ação (LA) da Máquina de Inferência Fuzzy

Fonte: Os autores (2013)

2.4 Mínimos e Máximos de Mandani

Na modelagem matemática de um conjunto de regras Fuzzy (n), os antecedentes, x_i é A_i ... x_j é B_j com os valores de pertinência

$$\mu_{A_j}(x_i), \mu_{B_j}(x_i)$$

adotou-se o método Mandani (LISBÔA; MENDES; BARP, 2010), que propõe uma relação Fuzzy binária em que os consequentes, decisão da relação Fuzzy, correspondem ao subconjunto fuzzy X e U cuja função de pertinência é dada por:

$$\mu(x_i, u_i) = \text{máximo}_{1 \leq j \leq n} \left\{ \text{mínimo} \left[\mu_{A_j}(x_i), \mu_{B_j}(x_i) \right] \right\}$$

2.5 Arquitetura do sistema lógico Fuzzy

A visualização do sistema lógico Fuzzy pode ser realizada segundo a Figura 2, que apresenta as variáveis linguísticas de entrada, a etapa de fuzzificação, a máquina de inferência e as saídas que correspondem às Linhas de Ação (LA).

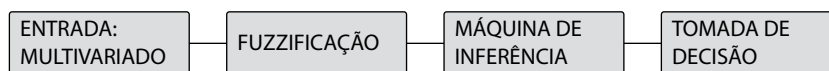


Figura 2 – Arquitetura do Sistema Lógico Fuzzy

Fonte: Os autores (2013)

Esse fluxograma facilita o entendimento do estudo, pois apresenta uma forma sistêmica da utilização da Lógica Fuzzy na tomada de decisão para aquisição de insumos nos projetos de modernização de uma empresa.

3 Aplicação

Os insumos adquiridos por empresas, sediadas no Exterior ou não, serviram de entrada para o desenvolvimento do Sistema Lógico Fuzzy; as advindas de fora do país foram armazenadas por um Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento. Após consultas realizadas ao referido sistema, foi construído um banco de dados que possibilitou a obtenção das variáveis “Tempo” e o “Valor”. Neste trabalho, as variáveis linguísticas “Tempo” e “Valor” não são tratadas de

forma contínua, mas são classificadas em baixo/médio/alto, com transição ocorrendo de forma suave, pois se busca classificar os itens de forma qualitativa, chegando-se a regras que auxiliam na tomada de decisões. Procedimento análogo foi realizado em relação às informações sobre os itens adquiridos no próprio país para a construção de um banco de dados.

Uma vez que a variabilidade de ambas as variáveis era expressiva, houve a necessidade de realizar a estratificação. O método utilizado considerou a grandeza dos valores das variáveis, tentando homogeneizar os grupos de modo que a variância dentro dos mesmos fosse minimizada, consequentemente maximizando a variabilidade entre eles, chegando-se a seis grupos, Tabela 1.

| GRUPOS | EXTERIOR | | | NACIONAL | | |
|--------|----------|------------|----------------|----------|------------|----------------|
| | ITENS | PREÇO/ITEM | COEF. VARIAÇÃO | ITENS | PREÇO/ITEM | COEF. VARIAÇÃO |
| A | 2 | 5887,50 | 0,10 | 2 | 6087,50 | 0,06 |
| B | 2 | 1513,50 | 0,03 | 3 | 1155,00 | 0,20 |
| C | 7 | 342,57 | 0,49 | 6 | 326,67 | 0,39 |
| D | 15 | 37,62 | 0,39 | 2 | 56,87 | 0,12 |
| E | 18 | 9,07 | 0,43 | 24 | 17,60 | 0,41 |
| F | 3 | 1,25 | 0,52 | 8 | 2,88 | 0,53 |

Tabela 1 – Estratificação do Valor de Compra

Fonte: Os autores (2013)

Os três primeiros grupos apresentaram preço médio por item mais expressivo tanto para insumos obtidos no Exterior quanto para os nacionais, enquanto nos três últimos grupos os valores foram bem mais inferiores. A quantidade de insumos adquiridos para as duas formas de aquisição não apresentaram diferenças relevantes em cada grupo. Uma vez que os três primeiros grupos apresentaram preço médio/ por item bem mais relevante do que os demais, optou-se em manter os três Conjuntos Fuzzy propostos anteriormente, validados pela estratificação.

Procedimento análogo foi realizado para o tempo de entrega e foram encontrados três grupos, o que convergiu para os três conjuntos fuzzy propostos anteriormente, Tabela 2.

| GRUPOS | EXTERIOR | | | NACIONAL | | |
|--------|----------|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|
| | ITENS | TEMPO (DIAS)/ITEM | COEF. VARIAÇÃO | ITENS | TEMPO (DIAS)/ITEM | COEF. VARIAÇÃO |
| A | 8 | 777,50 | 0,02 | 12 | 161,83 | 0,09 |
| B | 9 | 573,67 | 0,07 | 8 | 123,75 | 0,09 |
| C | 30 | 437,80 | 0,20 | 23 | 67,83 | 0,26 |

Tabela 2 – Estratificação do Tempo de Entrega

Fonte: Os autores (2013)

Os insumos advindos de compras no Exterior e os adquiridos em rede nacional apresentaram pouca variabilidade em torno do valor médio para os grupos A e B, enquanto, no grupo C, a variabilidade alcançou até 26%. Os valores do tempo de entrega foram padronizados de forma análoga ao procedimento para a variável valor.

4 Resultados

A máquina de Inferência Fuzzy foi constituída levando-se em consideração a interação das classificações dos antecedentes “Valor” e “Tempo” convergiram para as ações de aquisição mediante a necessidade para implementar o projeto de modernização. As estatísticas estão na Tabela 3.

| ESPECIFICAÇÃO | ITENS | FREQUÊNCIA (%) |
|--|-------|----------------|
| EXTERIOR | | |
| Aquisição com risco de atraso | 6 | 12,77 |
| Aquisição de rotina | 1 | 2,13 |
| Aquisição emergencial | 1 | 2,13 |
| Aquisição fora do tempo hábil | 19 | 40,43 |
| Aquisição inviável | 7 | 14,89 |
| Aquisição mediante certificação | 7 | 14,89 |
| Aquisição mediante necessidade | 4 | 8,51 |
| Aquisição mediante pesquisa de mercado | 2 | 4,26 |
| TOTAL | 47 | 100 |
| NACIONAL | | |
| Aquisição com risco de atraso | 11 | 25,58 |
| Aquisição de rotina | 4 | 9,30 |
| Aquisição emergencial | 6 | 13,95 |
| Aquisição fora do tempo hábil | 9 | 20,93 |

| | | |
|---------------------------------|----|-------|
| Aquisição inviável | 3 | 6,98 |
| Aquisição mediante certificação | 6 | 13,95 |
| Aquisição mediante necessidade | 4 | 9,30 |
| TOTAL | 43 | 100 |

Tabela 3 – Estatística das ações de aquisição segundo a Máquina de Inferência

Fonte: Os autores (2013)

Nas aquisições via Exterior, verificou-se maior índice para a “Aquisição fora do tempo hábil” (40,43%), enquanto esta especificação para o mercado interno foi praticamente a metade (20,93%). A ação “Aquisição inviável” e “Aquisição mediante certificação” apresentaram o mesmo valor relativo, 14,89%, quando adquiridos no comércio Exterior. Para estas ações, a iniciativa privada apresentou percentuais mais baixos, 6,98% e 13,95%. As aquisições que poderiam ser consideradas como “Aquisição com risco de atraso” foram mais frequentes na Iniciativa Privada (25,58%), enquanto, ao ser comprado no Exterior, o índice cai para a metade.

Em função da expressividade das aquisições com risco de atraso no comércio interno, foram discriminadas as suas pertinências para serem confrontadas com as adquiridas no comércio Exterior (Tabela 4). Vale destacar que foram considerados como “Aquisição com risco de atraso” aqueles itens que apresentaram “Baixo Valor” e “Tempo Médio”, tomando-se como pertinência para esta ação, $\text{Max}(\mu_{\text{Baixo Valor}}; \mu_{\text{Tempo Médio}})$. Para se calcular a pertinência do item, optou-se pelo método de máximos e mínimos de Mandani, que utiliza a pertinência máxima entre as mínimas.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| CÓD. | PERTINÊNCIA | CÓD. | PERTINÊNCIA |
| 148 | 0,70 | 155 | 0,71 |
| 168 | 1,00 | 168 | 1,00 |
| 177 | 1,00 | 169 | 1,00 |
| 178 | 0,42 | 170 | 1,00 |
| 180 | 0,42 | 177 | 0,55 |
| 422 | 0,47 | 182 | 1,00 |
| - | - | 183 | 1,00 |
| - | - | 184 | 1,00 |

| | | | |
|----------------|-------|----------------|-------|
| - | - | 185 | 1,00 |
| - | - | 186 | 1,00 |
| - | - | 187 | 1,00 |
| TOTAL DE ITENS | 6 | TOTAL DE ITENS | 11,00 |
| FREQ.(%) | 12,77 | FREQ.(%) | 25,58 |

Tabela 4 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição com risco de atraso” por setor comercial

Fonte: Os autores (2013)

Nas aquisições via Exterior, três itens obtiveram pertinências altas que foram influenciadas pelo Baixo Valor, referentes aos itens cujos códigos são: 148, 168, 177. Por sua vez, no comércio nacional, todas as pertinências desta linha de ação podem ser consideradas altas, também influenciadas pela variável Baixo Valor. Vale destacar que foram considerados como “Aquisição com risco de atraso” itens que apresentaram Valor Baixo e Tempo Médio, critério adotado com rigidez.

Nas linhas de ação que apresentaram menor expressividade, tais como a aquisição dos itens classificadas como “Aquisição de Rotina”, suas pertinências encontram-se na Tabela 5.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|
| COD. | PERTINÊNCIA | COD. | PERTINÊNCIA |
| 429 | 1,00 | 156 | 1,00 |
| - | - | 176 | 0,65 |
| - | - | 420 | 0,50 |
| - | - | 422 | 0,42 |
| TOTAL DE ITENS | 1,00 | TOTAL DE ITENS | 4,00 |
| FREQ.(%) | 2,13 | FREQ.(%) | 9,30 |

Tabela 5 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição de Rotina” por setor comercial

Fonte: Os autores (2013)

Em se tratando de aquisição via Exterior, foi verificada uma aquisição de rotina com pertinência alta oriunda de “Baixo Tempo”. Nas aquisições via Iniciativa Privada, as pertinências altas foram influenciadas também pelo “Baixo

Tempo” na entrega, referentes aos itens cujos códigos são: 156 e 176. E as pertinências baixas resultaram de “Médio Valor”, referente ao item discriminado pelos códigos 420 e 422.

Os itens classificados na linha de ação “Aquisição Emergencial” com suas respectivas pertinências encontram-se na Tabela 6.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------------|-------------|----------|-------------|
| COD. | PERTINÊNCIA | COD. | PERTINÊNCIA |
| 428 | 1,00 | 140 | 0,87 |
| - | - | 147 | 1,00 |
| - | - | 149 | 0,64 |
| - | - | 151 | 0,80 |
| - | - | 178 | 1,00 |
| - | - | 179 | 1,00 |
| TOTAL DE ITENS | 1,00 | TOTAL | 6,00 |
| FREQ.(%) | 2,13 | FREQ.(%) | 13,95 |

Tabela 6 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição Emergencial por setor”

Fonte: Os autores (2013)

O item advindo da aquisição por meio da comercialização realizada no Exterior obteve pertinência alta e foi gerada pelo “Alto Tempo” na chegada do pedido. Na aquisição nacional todas as aquisições obtiveram pertinências altas, sendo a maioria delas influenciadas pelo “Alto Valor”. Trata-se dos itens cujos códigos são: 147, 149, 178 e 179.

A aquisição dos itens classificadas como Aquisição fora do Tempo Hábil e suas pertinências encontram-se na Tabela 7.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| CÓD. | PERTINÊNCIA | CÓD. | PERTINÊNCIA |
| 139 | 0,50 | 141 | 0,63 |
| 144 | 0,50 | 143 | 0,63 |
| 147 | 0,75 | 160 | 1,00 |
| 149 | 0,70 | 161 | 1,00 |
| 151 | 0,23 | 163 | 0,65 |
| 155 | 1,00 | 165 | 1,00 |
| 160 | 0,77 | 167 | 1,00 |
| 161 | 0,77 | 171 | 1,00 |
| 162 | 0,53 | 172 | 1,00 |
| 163 | 0,52 | - | - |

| | | | |
|----------|-------|----------|-------|
| 167 | 0,23 | - | - |
| 170 | 0,74 | - | - |
| 141 | 0,15 | - | - |
| 143 | 0,27 | - | - |
| 157 | 0,32 | - | - |
| 159 | 0,42 | - | - |
| 169 | 0,45 | - | - |
| 182 | 0,47 | - | - |
| 183 | 0,30 | - | - |
| TOTAL | 19,00 | TOTAL | 9,00 |
| FREQ.(%) | 40,43 | FREQ.(%) | 20,93 |

Tabela 7 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição fora do Tempo Hábil” por setor

Fonte: Os autores (2013)

Nas aquisições via Exterior, a maioria das pertinências foram consideradas altas e vieram tanto de “Baixo Valor” quanto de “Médio Valor”, essas pertinências referem -se aos itens cujos códigos são: 147, 149, 155, 160, 161, 162, 163 e 170 . No comércio nacional, todos os itens apresentaram pertinência acima de 0,60, provenientes da classificação “Tempo Alto”

A aquisição dos itens classificadas como Aquisição Inviável e suas pertinências encontram-se na Tabela 8.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|
| CÓD. | PERTINÊNCIA | CÓD. | PERTINÊNCIA |
| 142 | 0,02 | 142 | 0,63 |
| 164 | 0,23 | 144 | 0,63 |
| 165 | 0,23 | 164 | 1,00 |
| 166 | 0,23 | - | - |
| 186 | 1,00 | - | - |
| 187 | 0,83 | - | - |
| TOTAL DE ITENS | 6,00 | TOTAL DE ITENS | 3,00 |
| FREQ.(%) | 14,89 | FREQ.(%) | 6,98 |

Tabela 8 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição Aquisição inviável” por setor

Fonte: Os autores (2013)

Na aquisição via Exterior, a maioria das pertinências foram baixas, tendo algumas sido influenciadas pela variável “Baixo Valor”, código 142, e outras por “Baixo

Tempo”, referentes aos itens cujos códigos são: 164, 165 e 166. Nas aquisições por meio do comércio nacional, as pertinências foram altas para este tipo de aquisição, embora estes itens tenham correspondido à metade dos obtidos no Exterior.

A aquisição dos itens classificados como Aquisição Mediante Certificação e suas pertinências encontram-se na Tabela 9.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| CÓD. | PERTINÊNCIA | CÓD. | PERTINÊNCIA |
| 156 | 0,79 | 139 | 0,87 |
| 171 | 0,81 | 157 | 1,00 |
| 172 | 0,70 | 166 | 0,22 |
| 174 | 0,70 | 181 | 1,00 |
| 175 | 0,89 | 423 | 0,68 |
| 176 | 0,87 | 426 | 0,86 |
| 426 | 0,65 | - | - |
| TOTAL | 7,00 | TOTAL | 6,00 |
| FREQ.(%) | 14,89 | FREQ.(%) | 13,95 |

Tabela 9 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição Mediante Certificação” por setor

Fonte: Os autores (2013)

Nas aquisições oriundas do Exterior, todas as aquisições apresentaram pertinências acima de 0,60, duas delas vindas do “Baixo Valor” e as outras cinco vindas de “Baixo Tempo”. Nas aquisições via comércio nacional, a maioria das pertinências foi designada como alta, sendo a pertinência do item “139”, advindo de “Baixo Tempo” e as demais vindas de “Baixo Valor”.

As duas linhas de ação restantes, foram analisadas na Tabela 10 e na Tabela 11.

| EXTERIOR | | NACIONAL | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| CÓD. | PERTINÊNCIA | CÓD. | PERTINÊNCIA |
| 181 | 0,42 | 148 | 1,00 |
| 184 | 0,13 | 180 | 1,00 |
| 185 | 0,18 | 428 | 0,22 |
| 423 | 0,97 | 429 | 0,65 |
| TOTAL | 4,00 | TOTAL | 4,00 |
| FREQ.(%) | 8,51 | FREQ.(%) | 9,30 |

Tabela 10 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição Mediante Necessidade” por setor

Fonte: Os autores (2013)

Nas aquisições no comércio Exterior, apenas um item apresentou pertinência bastante elevada, tratou-se do item cujo código é 423, um dele com valor de pertinência equivalente à metade, e os demais abaixo 0,20. Esta diversidade de valores pertinências foi tanto devido à variável “Valor” quanto à variável “Tempo”. Em contrapartida, na Iniciativa Privada, a maioria das pertinências foram consideradas como altas, advindas do “Alto Valor”.

Na Tabela 11, a linha de ação aquisição “Mediante Pesquisa de Mercado” somente se fez presente nas aquisições via Exterior, sendo todas as suas pertinências baixas vindas da variável “Tempo Médio”.

| EXTERIOR | |
|----------|-------------|
| COD. | PERTINÊNCIA |
| 179 | 0,42 |
| 420 | 0,47 |
| TOTAL | 2,00 |
| FREQ.(%) | 4,26 |

Tabela 11 – Pertinências dos itens classificados “Aquisição Mediante Pesquisa de Mercado” por setor

Fonte: Os autores (2013)

5 Considerações finais

O modelo proposto permitiu tomar decisões seguindo as linhas de ações propostas pelas Regras Fuzzy, geradas em função da classificação qualiquantitativa dos itens adquiridos. Este modelo proposto facilita decidir pela Linha de Ação considerada mais viável na gestão de compra, quando da aquisição dos itens necessários ao andamento dos projetos de modernização. Assim, o Gerente Responsável pode ter mais subsídios para decidir em função de cada caso particular. O método proposto foi de fácil aplicabilidade e a proposta complementar poderá ser viabilizada em aplicativo que facilite o desenvolvimento do algoritmo para áreas de gestão.

Referências

BRAGA, Mario Jorge Ferreira; BARRETO, Jorge Muniz; MACHADO, Maria Augusta Soares. *Conceitos da matemática nebulosa na análise do risco*. Rio de Janeiro: Artes & Rabiskus, 1995. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 18., 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: Unicamp, 2010.

CERESER, B. L. H., VENDITE, L. *Modelagem Fuzzy para a tomada de decisões no mercado financeiro*. 2010. Disponível em: < http://www.impa.br/opencms/pt/eventos/downloads/jornadas_2006/trabalhos/jornadas_nathalia_costa.pdf>. Acesso em: jan. 2014.

CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. *Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração*. São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, N.S., *Árvore de decisão Fuzzy para avaliação da biodisponibilidade do ferro mediante a interação com os modificadores de absorção cálcio e vitamina C*. 2008.

FIGUEIREDO, L.C.; Teixeira, R.A., “Implementação de um Controlador Fuzzy em CLP”. In: CONGRESSO MINEIRO DE AUTOMAÇÃO, 2. SIMPÓSIO REGIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO, 5., 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, MG: ISA, 1998. p. 73-79.

LANZILLOTI, Regina Serrão; LANZILLOTI, Haydée Serrão. Análise sensorial sob o enfoque da decisão fuzzy. *Revista de Nutrição*, Campinas: Puc Campinas, v. 12, n. 2, p. 145-157, maio/ago.1999.

LISBÔA, Érico Gaspar; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues; BARP, Ana Rosa Baganha. Mapeamento da vulnerabilidade de aquíferos freáticos baseado em lógica fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16. ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17., 2010, São Luiz. Anais... São Luiz, MA: Associação Brasileira de Águas subterrâneas, 2010. p. 1-18.

MALUTTA, C., Método de apoio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários utilizando a lógica fuzzy. 2004. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ORTEGA, N.R.S., *Aplicação da Teoria de conjuntos Fuzzy a problemas da biomedicina*. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências)- Instituto de Física, Universidade São Paulo, São Paulo, 2001.

PEIXE, J. B. et al. Avaliação da escolha de um fornecedor sob condição de riscos a partir do método de árvore de decisão. *REGE Revista de Gestão*. São Paulo, v.15, n.3, 2008.