

Modelagem matemática com aplicação de lógica *Fuzzy* na programação de compras no ramo hospitalar em contexto da pandemia de COVID-19

Alunos: Felipe Paschoalino - felipe.paschoalino@hotmail.com / Igor Lima Golpian – igor.golpian@gmail.com /

Leonardo Bonfante - leo.bonfante@hotmail.com / Rodrigo Rocha - rodrigorochoa1997@terra.com.br /

Tomaso Reinaud - tomaso_reinaud@hotmail.com

Orientadora: Hanna Pamplona - hannapamplona@fei.edu.br

INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 foi anunciada pelas autoridades chinesas quando, após pesquisas, identificaram a ocorrência de casos de pneumonia, de origem desconhecida em Wuhan, província de Hubei, na China, em 2019. Associaram as causas a um tipo de corona vírus, mais tarde nomeado de SARS-Cov-2 (DE OLIVEIRA et al., 2020).

Os hospitais sofreram um grande impacto no período da pandemia. A demanda por assistência médica teve um aumento anormal, gerando o desabastecimento do estoque e mercado de matérias hospitalares, que por sua vez, provocou aumento nos preços.

Ferramentas como a programação linear podem auxiliar os departamentos de planejamento hospitalar a buscar a minimização dos custos de aquisição de insumos. Por se tratar de um cenário atípico, onde diversas variáveis se tornam incertas e de difícil previsão, é necessária uma ferramenta que consiga mensurar incertezas e ponderar valores que auxiliem o desenvolvimento de modelos de programação linear. Para isso é possível utilizar a metodologia *Fuzzy*, muito usada nas áreas de computação, principalmente na inteligência artificial.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Silva et al. (1998) a Pesquisa Operacional (PO) é um método científico que, com auxílio de um modelo, melhora a tomada de decisão. Ainda segundo os autores a construção de modelos e a análise dos resultados estimulam o conhecimento mais efetivo da realidade que está sendo estudada.

Segundo Prado (2003), a Programação Linear pode ser definida como uma técnica de planejamento, pode-se dizer que é um tema pertencente à pesquisa operacional, que também possui outros tópicos como teoria das filas, simulação e programação dinâmica. Ainda segundo o autor a aplicação da Programação Linear está presente em diversas áreas de planejamento dos mais diferentes segmentos empresariais.

Para Cavalcanti et al. (2012) a lógica *Fuzzy*, também denominada de Difusa ou Nebulosa, pode ser definida, como a lógica que suporta os raciocínios que são aproximados ao invés de exatos. Os quais somos naturalmente acostumados a trabalhar.

Segundo Saraiva (2000) a lógica ganha o adjetivo de nebulosa, porque leva a consideração do aspecto da incerteza. E assim consegue gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e imprecisas.

METODOLOGIA

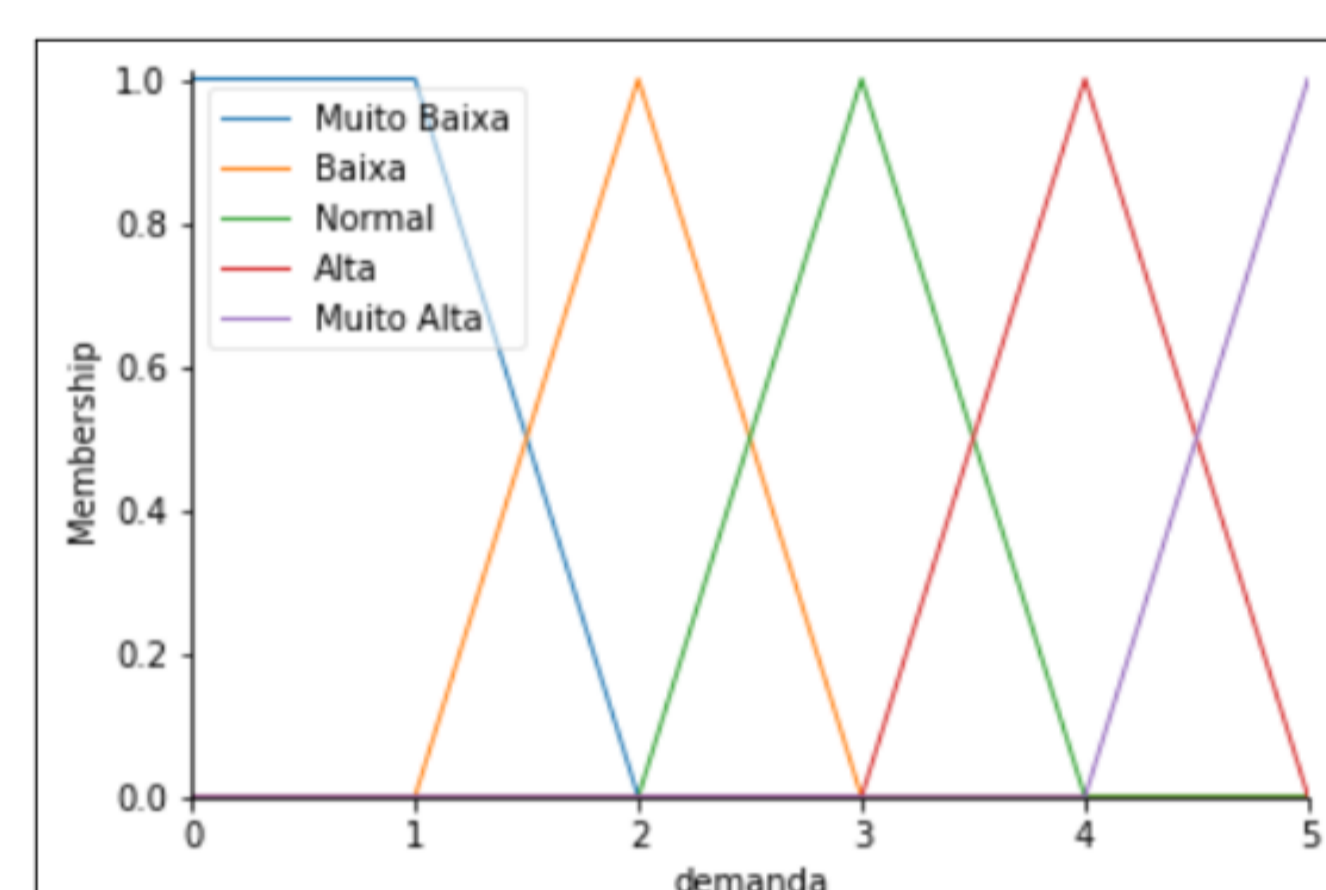
O método de pesquisa utilizado foi o quantitativo, através do uso de dados de um conceituado hospital em São Paulo. O estudo de caso foi direcionado na carteira de produtos para tratamentos de hemodiálise, focando no histórico de consumo e compras. Com a obtenção e tratamento desses dados, foi utilizado a técnica de programação linear juntamente a metodologia *Fuzzy* para simular cenários em que a oferta e demanda sejam imprecisos. Dessa maneira, temos a pergunta que direcionou toda a pesquisa e estudos: Como atender a cobertura de estoque em um centro hospitalar, investindo o mínimo de capital, dentro de um cenário atípico de demanda e fornecimento?

DESENVOLVIMENTO

A ideia principal do modelo é ser capaz de realizar uma previsão do orçamento mínimo para atender a cobertura esperada.

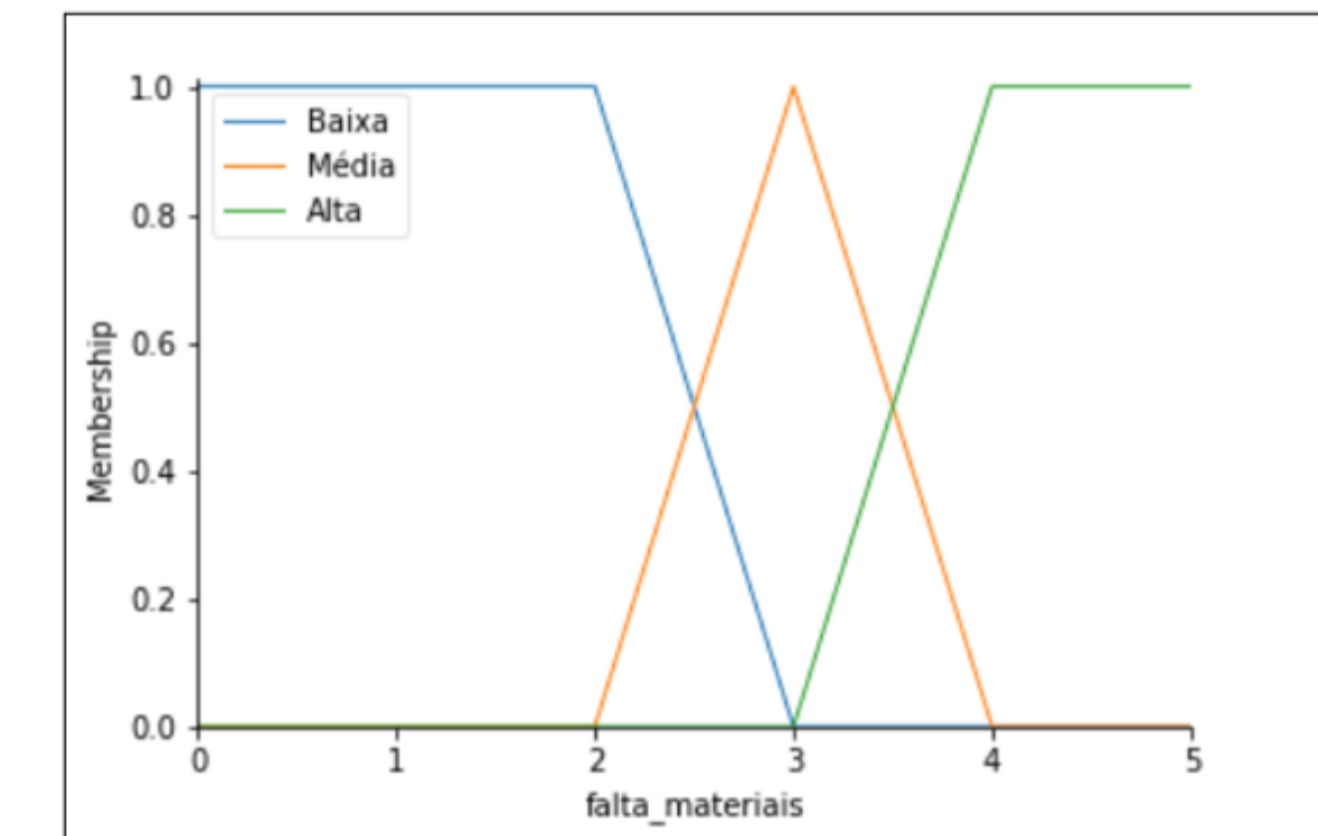
A fim de adaptar a previsão de orçamento junto com a volatilidade dos preços em um cenário imprevisível, o preço médio móvel dos materiais será corrigido utilizando um Fator *Fuzzy*, calculado através de um dimensionamento do nível de Demanda e Falta no mercado no período previsto. A Figuras 1 e 2 mostram os gráficos das funções de pertinência de demanda e falta de materiais, respectivamente.

Figura 1 – Funções de pertinência para a demanda



Fonte: Autor

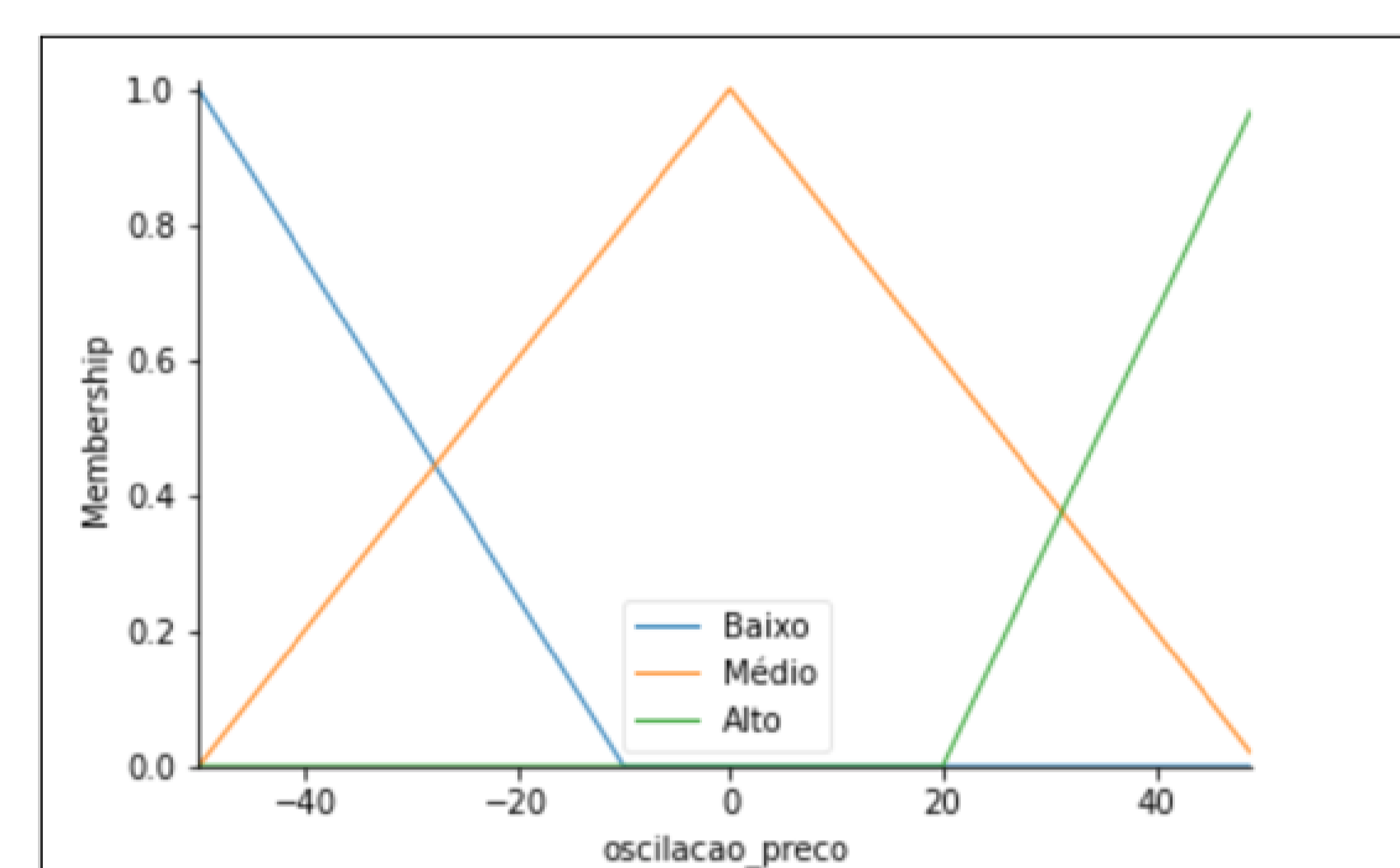
Figura 2 – Funções de pertinência para falta no mercado



Fonte: Autor

A partir da inserção dessas duas variáveis, uma série de inferências será realizada a fim de obter o resultado em uma terceira variável que irá mensurar a Oscilação de preços, também formada por conjuntos *Fuzzy*. A Figura 3 mostra as funções de pertinência da Oscilação de preços.

Figura 3 – Funções de pertinência para oscilações no preço



Fonte: Autor

Assim, chegamos ao seguinte modelo matemático:

Conjuntos

$i \in \{1, \dots, n\}$	Materiais pertencentes a carteira analisada
-------------------------	---

Parâmetros

CE	Cobertura de estoque desejada em dias
CMD_i	Consumo médio diário em unidades previsto do material i
$PMMU_i$	Preço médio móvel unitário do material i
EA_i	Estoque atual em unidades do material i
EMM_i	Estoque mínimo do material i
FF_i	Fator <i>Fuzzy</i> de correção do Preço médio móvel unitário do material i

Variáveis de decisão

X_i	Quantidade comprada para o material i
AUX_i	Variável de balanceamento auxiliar para o material i

Fonte: Autores, 2021

Modelagem matemática com aplicação de lógica *Fuzzy* na programação de compras no ramo hospitalar em contexto da pandemia de COVID-19

Alunos: Felipe Paschoalino - felipe.paschoalino@hotmail.com / Igor Lima Golpian – igor.golpian@gmail.com /

Leonardo Bonfante - leo.bonfante@hotmail.com / Rodrigo Rocha - rodrigorocha1997@terra.com.br /

Tomaso Reinaud - tomaso_reinaud@hotmail.com

Orientadora: Hanna Pamplona - hannapamplona@fei.edu.br

➤ **Função Objetivo:** Minimizar a somatória dos custos de aquisição

$$\min \sum_{i=1}^N (X_i \times PMMU_i \times FF_i)$$

➤ **Restrições:**

(1) Cobertura de Estoque $X_i + EA_i \geq CMD_i * CE, \forall i \in \{1, \dots, n\}$

(2) Estoque mínimo $X_i + EA_i \geq EMM_i, \forall i \in \{1, \dots, n\}$

(3) Proporcionalidade de compras $X_i \geq CMD_i * AUX_i, \forall i \in \{1, \dots, n\}$

(4) Domínio das variáveis X_i $X_i \in \mathbb{Z}^+, \forall i \in \{1, \dots, n\}$

(5) Domínio das variáveis AUX_i $AUX_i \in \mathbb{Z}^+, \forall i \in \{1, \dots, n\}$

O modelo matemático foi implementado através de linguagem de programação Python, utilizando o *software Gurobi Optimizer*, que utiliza algoritmos de resolução baseados em metodologias Simplex e *Branch-and-Bound*, e a biblioteca *Scikit-Fuzzy*, voltada para soluções de modelos *Fuzzy*.

Três tipos de testes computacionais foram realizados para analisar a efetividade do modelo matemático. O primeiro teste apresenta um exemplo simples que tem objetivo de verificar a *otimalidade* e factibilidade da solução encontrada. O segundo teste realiza uma análise comparativa do orçamento previsto pelo modelo e o orçamento efetivamente executado em 6 períodos. O último teste é uma análise de sensibilidade para verificar o comportamento do modelo após alterações nos parâmetros de entrada.

Para validação do modelo, foi realizado um teste como exemplo com 5 materiais. Em sua execução, as restrições do modelo matemático foram atendidas e o algoritmo foi capaz de determinar uma solução ótima. É confirmado então que o modelo implementado é eficaz.

No segundo teste, foram realizadas uma sequência de seis instâncias de acordo com os dados fornecidos pelo hospital. Cada instância equivale a um mês de análise. Ao executar as instâncias, foram obtidos os seguintes resultados:

Comparação dos custos estimados com custos efetivos:

Instância	Período	Custo Estimado	Custo Efetivo	Delta
1	Agosto de 2020	R\$ 1.326.224,00	R\$ 1.249.662,91	-6,13%
2	Setembro de 2020	R\$ 1.988.204,98	R\$ 1.835.630,38	-8,31%
3	Outubro de 2020	R\$ 2.087.005,09	R\$ 2.092.127,90	0,24%
4	Novembro de 2020	R\$ 1.883.081,63	R\$ 1.799.505,24	-4,64%
5	Dezembro de 2020	R\$ 2.602.682,44	R\$ 2.463.907,81	-5,63%
6	Janeiro de 2021	R\$ 4.764.230,39	R\$ 4.648.143,29	-2,50%
Total		R\$ 14.651.428,53	R\$ 14.088.977,54	-3,99%

Fonte: Autores, 2021

• Os valores estimados pelo modelo matemático, em sua maioria, são maiores que os gastos reais do hospital no período analisado, sendo considerados pelo hospital como uma referência segura e confiável.

• A instância 3 obteve uma estimativa que não supriu os gastos reais do hospital, possível resultado de uma dificuldade na previsão da oscilação de preços. Ainda assim, a diferença entre o custo estimado e o custo efetivo é menor que 1%

• Analisando os custos totais no final de seis períodos, é notada uma variação de 3,99%, tida como um resultado aceitável.

A variação de 3,99% obtida ao longo de 6 meses, é considerada pequena e aceitável, indicando que o modelo implementado é capaz de realizar estimativas de gastos seguras para períodos onde há incertezas relacionadas a demanda e a aquisição de materiais no mercado.

Por fim, foram realizadas duas análises de sensibilidade, a fim de verificar como os resultados do modelo implementado se comportam conforme há mudanças nas variáveis de entradas. Em ambas, houveram oscilações nos resultados de acordo com o esperado ao variar as entradas de Cobertura e Estoque Mínimo.

CONCLUSÃO

A partir do que foi apresentado, discutido e analisado no presente trabalho, é conclusivo que a partir do método desenvolvido utilizando programação linear e a metodologia *Fuzzy* foi possível realizar uma eficiente estimativa da previsão de gastos com aquisição de materiais.

Os testes realizados mostram que o modelo desenvolvido foi capaz de prever os custos de seis meses com uma variação média de 3,99% em comparação com o executado no período. Tratando de uma previsão de compras, é interessante que a estimativa esteja acima dos custos reais pois, do contrário, indicaria uma possível falta de orçamento para a compra de materiais, o que não é aceitável em um contexto hospitalar. Por tanto, em comparação com o realizado, o método se mostra uma eficiente ferramenta de previsão de compras que considera as restrições de estocagem e demanda.

Por fim, como trabalhos futuros sugerimos uma revisão das funções de pertinência do modelo *Fuzzy*, pois em novas análises podem ser necessárias a inclusão de variáveis ou até mesmo mudar os percentuais de oscilação de preço na saída do modelo. Algumas restrições poderiam ser adicionadas ao modelo, como por exemplo, pedido mínimo ou oferta máxima dos fornecedores e capacidade máxima do estoque. Mais testes computacionais poderiam ser realizados expandindo a análise para todo o ano de 2021 e até mesmo aplicando o modelo em outras carteiras de materiais.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTI, J. H. F. et al. *Lógica Fuzzy Aplicada às Engenharias*. João Pessoa: [s.n.].
- DE OLIVEIRA, N. P. et al. Atuação da enfermagem no cuidado às pessoas em hemodiálise frente à pandemia do vírus SARS-CoV-2. *Enfermagem Brasil*, v. 19, n. 4, p. 26, 2020.
- PRADO, D. *Programação Linear*. 3ª Edição ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003.
- SARAIVA, G. J. DE P. *Lógica fuzzy*. v. XVII, p. 24, 2000.
- SILVA, E. M. DA et al. *Ermes_Medeiros_da_Silva_e_outros_-_Pesquisa_Operacional.pdf*. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1998