



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ERNANDE DE MELLO MONTEIRO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO PARA O PROCESSO DE
COMPRA DE MEDICAMENTOS NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ-PE**

Caruaru
2022

ERNANDE DE MELLO MONTEIRO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO PARA O PROCESSO DE
COMPRA DE MEDICAMENTOS NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Profº. Dr. Luciano Carlos Azevedo da Costa.

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Monteiro Neto, Ernande de Mello.

Desenvolvimento de um sistema de apoio a tomada de decisão para o
processo de compra de medicamentos no município de Gravatá-PE / Ernande
de Mello Monteiro Neto. - Caruaru, 2022.

46 p., tab.

Orientador(a): Luciano Carlos Azevedo da Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2022.

1. Pesquisa operacional na área de saúde. 2. Tomada de decisão. 3.
Assistência farmacêutica. 4. Alocação de recursos escassos. I. Costa, Luciano
Carlos Azevedo da. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ERNANDE DE MELLO MONTEIRO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO PARA O PROCESSO DE
COMPRA DE MEDICAMENTOS NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 24/10/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Luciano Carlos Azevedo da Costa (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Caio Souto Maior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Walton Pereira Coutinho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e oportunidade desenvolvimento e aprendizado em todos os anos de minha vida.

Agradeço a minha mãe pelo apoio durante toda a jornada, por acreditar sempre na minha capacidade e nunca medir esforços para incentivar meus estudos. A sua alegria a cada conquista me motiva para buscar mais a todo momento.

Agradecimento especial a meu orientador, Dr. Luciano Costa, pelo apoio incondicional, empatia, orientação e contribuição nesse trabalho, por sempre se mostrar solícito aos seus alunos.

Aos meus amigos que estiveram presentes, deixando a jornada mais leve e gratificante.

RESUMO

A assistência farmacêutica contempla diversas ações complexas como gestão, aquisição, combinação de recursos visando garantir insumos para as atividades de promoção, proteção e recuperação da saúde. Nesse contexto, devido à complexidade cada dia mais acentuada, as organizações buscam aperfeiçoar sua tomada de decisão, a qual muitas vezes é realizada de forma empírica. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo de programação matemática, capaz de sugerir quais e quantos medicamentos comprar, de modo a maximizar o benefício total associado ao atendimento. O modelo é fundamentado no preço, priorização e disponibilidades dos produtos, além da demanda das unidades hospitalares. Tal modelo foi testado em 16 instâncias artificiais baseadas nas informações provenientes da central de abastecimento farmacêutico de Gravatá-PE. Sendo assim, os resultados demonstram que o mesmo apresenta grande potencial para apoiar a decisão de compra dos medicamentos, aumentando a agilidade da decisão e permitindo considerar critérios objetivos.

Palavras-chave: Pesquisa operacional na área de Saúde; Tomada de decisão; Assistência farmacêutica; Alocação de recursos escassos.

ABSTRACT

Pharmaceutical care includes several complex actions such as management, acquisition, and combination of resources to ensure inputs for health promotion, protection and recovery activities. In this context, due to the increasing complexity, organizations seek to improve their decision making, which is often carried out empirically. Given this scenario, this work aimed to develop a mathematical programming model, capable of suggesting which and how many drugs to buy, in order to maximize the total benefit associated with care. The model is based on price, prioritization and availability of products, in addition to the demand of hospital units. This model was tested in 16 artificial instances based on information from the pharmaceutical supply center in Gravatá-PE. Thus, the results show that it has great potential to support the decision to purchase medicines, increasing the agility of the decision and allowing the consideration of objective criteria.

Keywords: Operational research in health area; Decision making; Pharmaceutical care; Allocation of scarce resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interfaces da assistência farmacêutica	23
Figura 2 - Etapas do armazenamento	26
Figura 3 - Etapas da pesquisa	29
Figura 4 - Processo da construção de um modelo	30
Figura 5 - Processo de aquisição de medicamentos	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Modalidades de aquisição	25
Quadro 2 –	Modalidades de financiamento e organização	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Percentual do atendimento da demanda das unidades hospitalares	37
Tabela 2 –	Percentual do atendimento da demanda nas unidades hospital	37
Tabela 3 –	Solução da instância com 50 produtos e 90% do orçamento total	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVA	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	PESQUISA OPERACIONAL	16
2.1.1	Tipos de programação	16
2.1.1.1	<i>Programação linear</i>	16
2.2	TRABALHOS RELACIONADOS	18
2.3	GESTÃO DA ASSISTÊNCIA FARMACÊUTICA NO CONTEXTO DO SUS	23
2.3.1	Ciclo da assistência farmacêutica	24
2.3.1.1	<i>Seleção</i>	24
2.3.1.2	<i>Programação</i>	25
2.3.1.3	<i>Aquisição</i>	25
2.3.1.4	<i>Armazenamento</i>	27
2.3.1.5	<i>Distribuição</i>	27
2.3.1.6	<i>Dispensação</i>	28
2.3.2	Financiamento da assistência farmacêutica no SUS	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2	COLETA DE DADOS	30
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	30
4	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	32
5	MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO	34
5.1	ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS	36

6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1	GERAÇÃO DAS INSTÂNCIAS.....	37
6.2	RESULTADOS COMPUTACIONAIS.....	38
7	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No processo de produção de saúde, a assistência farmacêutica contempla diversas atividades associadas com a distribuição de medicamentos, as quais visam apoiar as práticas de saúde necessárias para uma sociedade. Dado que os medicamentos são insumos estratégicos essenciais para a promoção da saúde, os processos relacionados a eles carecem de serem tratados com diligência. Dessa forma, a seleção, programação, aquisição, armazenamento e distribuição dos medicamentos são etapas substanciais que influenciam no abastecimento de medicamentos (BRASIL, 2001).

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2020), 5 etapas devem ser seguidas para o fornecimento de medicamentos no momento adequado para os consumidores. Uma breve descrição dessas etapas é fornecida a seguir:

- **Seleção**: comprehende a escolha dos medicamentos eficazes a partir de dados epidemiológicos, técnicos e econômicos;
- **Programação**: pressupõe a quantidade necessária de medicamentos para atender toda a demanda de abastecimento por um determinado período em um determinado local;
- **Aquisição**: processos os quais efetuam a compra de medicamentos para suprir a demanda em quantidade, qualidade e menor custo, de modo a manter a ininterruptão do abastecimento;
- **Armazenamento**: conjunto de meios para garantir a recepção, estocagem, conservação e controle de estoque adequado;
- **Distribuição**: abrange o fornecimento de medicamentos nas unidades hospitalares em quantidade, qualidade e tempo pertinente.

Assim, a cadeia de suprimento farmacêutico alinhada com uma gestão orientada por resultados que forneça um bom nível de serviço são aspectos indispensáveis para garantir um bom funcionamento das unidades hospitalares (YURTKURAM, A; EMEL, E. 2008). Nas últimas décadas, segundo Hossein Shirazi et al. (2020), pesquisas envolvendo cadeias de suprimentos farmacêuticos ganharam notoriedade devido aos inúmeros casos de doenças mortais como COVID-19, Ebola, Síndrome respiratória aguda grave (SARS), etc. Essa cadeia possui características específicas que a diferenciam de outras cadeias, visto que remédios são considerados

elementos estratégicos em relação a manutenção da saúde da sociedade, e qualquer perturbação pode originar graves crises (GHASEMI e DAMGHANI, 2021).

Nesse cenário, para Jian e Sheng (2009), casos de gerenciamento da cadeia de fornecimento representam uma área extremamente dinâmica, e tem passado por diversas modificações ao longo do tempo. Comumente modelos matemáticos são utilizados para prover soluções mais acuradas, perante algumas restrições e premissas. Portanto, perante essas características, a decisão da programação da aquisição de medicamentos se enquadra como uma operação de alta prioridade, pois pode ocasionar desde desperdícios de recursos, como também pode oferecer perigo à vida de pacientes em razão da falta de medicamentos (SABOUI F. et al., 2018; GOODARZIAN, F. et al., 2021)

Dessa forma, vide a importância da decisão de compra de medicamentos citada anteriormente, este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de programação matemática com o objetivo de permitir analisar as principais variáveis relacionadas com essa operação, e apoiar o processo de tomada de decisão com a finalidade de oferecer um maior nível de serviço, para que assim seja atendido um maior número de itens e mitigar a superestimação. Como objeto de estudo, será considerado o processo de aquisição de medicamentos na Secretaria de Saúde de Gravatá-PE, assim como sua base de dados usada neste trabalho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo de programação matemática para auxiliar no processo de tomada de decisão na compra de medicamentos pela Secretaria de Saúde de Gravatá-PE.

1.2.2 Objetivos específicos

- Entender e mapear o processo de compra de medicamentos por parte da Secretaria de Saúde de Gravatá-PE;
- Realizar um levantamento acerca das informações relacionadas com o processo de compra de medicamentos no município de Gravatá;

- Desenvolver e implementar um modelo de programação matemática para resolução do problema relacionado com o processo de compra de medicamentos no município de Gravatá-PE.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o mundo voltou sua atenção para a área de saúde devido ao panorama da COVID-19, o qual evidenciou a importância do planejamento eficiente de vários recursos, sejam materiais, humanos ou financeiros, perante as incertezas do comportamento da doença. Desse modo, seja na esfera pública ou privada, os diversos setores que compõem o sistema de atendimento à saúde possuem a ininterrupta preocupação em manter todos os setores operando com qualidade, disponibilidade, boa eficiência financeira, etc (MENEZES, 2021). Segundo Satomi e Borges (2020), a falta de planejamento em situações de risco de escassez de recursos pode acarretar desperdícios de recursos, perda inadvertida de vidas, e desconfiança de profissionais e pacientes. Nesse contexto, foram desenvolvidas diversas ferramentas com o principal objetivo de auxiliar decisões de modo mais ágil e eficiente que impactem na o sistema de saúde, como por exemplo, o desenvolvimento de um modelo matemático para estimativa da demanda de equipamento de proteção individual (EPI) nos hospitais durante a pandemia (NOVELLI, 2020). Usufruindo do mesmo princípio do trabalho de Novelli (2020), Cunha, Couto e Starling (2020) formularam um modelo matemático de otimização não linear capaz de estimar o número básico de reprodução para cada fase da doença e assim auxiliar os gestores planejarem as ações futuras de maneira mais fundamentada.

Dessa forma, após visualizar algumas possibilidades de aplicação na área da saúde, despertou-se o interesse em contribuir neste setor no município de Gravatá-PE. Em contato com a Secretaria de Saúde do município foi apontado que uma das atividades da secretaria que frequentemente requisita esforço demasiado para decidir é a aquisição parcial dos medicamentos, uma vez que essa necessita considerar diversos aspectos que impactam diretamente na decisão. Por exemplo, o orçamento disponível para aquisição dos medicamentos é um dos fatores limitantes, pois quando não é suficiente para aquisição total os gestores precisam decidir qual unidade hospitalar ou medicamento priorizar. Atualmente o processo desta decisão pode necessitar de horas para ser definido, pois depende da disponibilidade e consenso de

três gestores de setores distintos. Além disso, o atual modo de decisão pode ser extremamente subjetivo e viesado, visto que na reunião os gestores apenas consideram a média de consumo mensal.

Portanto, em virtude do panorama apresentado anteriormente é bastante pertinente que esta problemática seja estudada visando promover um maior benefício para população, seja possibilitando priorizar os medicamentos mais críticos ou até mesmo viabilizar insumos para um maior número de atendimentos. Outro aspecto importante é possuir agilidade nesse processo de decisão, uma vez que esse processo é recorrente e a disponibilidade comum dos gestores também é escassa. Dessa forma, se justifica propor e simular um modelo de programação matemática que garanta uma resposta mais rápida e possibilite ponderar outros fatores além do orçamento e consumo mensal.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial com a finalidade de solucionar problemas de estratégia, tática e gestão. A partir desse momento, em virtude do sucesso e alta performance originados por esse modo de abordagem dos problemas, os cientistas britânicos começaram a adaptar e implementar nas empresas essa vivência e conhecimento obtidos durante a guerra. Desde então, a Pesquisa Operacional se disseminou além da área militar, onde logo em seguida foi aplicada para melhorar a produtividade do setor civil (TAHA, 2008). Atualmente as organizações têm utilizado a Pesquisa Operacional como ferramenta para auxiliar o processo de tomada de decisão, pois frequentemente se deparam com limitações seja de disponibilidade, orçamento ou outros casos de recursos escassos que restringem obter desempenhos melhores. Logo, ela vem sendo utilizada nas organizações com a finalidade de maximizar ou minimizar uma função que representa um determinado objetivo. Essa função passa a fazer parte de um modelo matemático, o qual está sujeito a restrições que visam retratar limitações de um sistema e podem impactar na solução do problema. A solução obtida pode ser classificada como viável se cumpre todas as restrições impostas, e como ótima se é a melhor dentre as soluções viáveis, ou seja, atende completamente as restrições e retorna o melhor valor mínimo ou máximo.

A pesquisa operacional possui a finalidade de utilizar métodos matemáticos para solucionar problemas reais, os quais se baseiam em modelos que visam retratar simplificadamente a realidade. Porém, devido às peculiaridades de um problema real que podem até ser conflitantes, nem todas as variáveis e restrições relacionadas ao problema real podem ser incluídas no modelo.

Na construção do modelo, alguns aspectos devem ser analisados como o problema a ser solucionado, as limitações existentes, resultado almejado, entre outros. Além disso, é válido ressaltar que os modelos desenvolvidos apenas auxiliam as decisões, e não substituem o tomador de decisão (ARENALES et al., 2007). Essa perspectiva exprime a relevância de um pensamento subjetivo na tomada de decisão.

2.1.1 Tipos de programação

2.1.1.1 Programação linear

Segundo Hillier e Lieberman (2013), a programação linear pode ser utilizada em inúmeras situações visando uma alocação eficiente de recursos limitados para atividades que competem entre si. Embora possa ser aplicada em diversas situações, todas as aplicações possuem em comum o objetivo de obter o melhor conjunto de pontos que resulte no máximo ou mínimo de uma dada função objetivo linear, que esteja submetida às restrições também lineares. A solução desses problemas resulta em dois tipos de solução: viável e ótima. A solução viável atende todas as restrições impostas, porém não necessariamente retorna o melhor valor da função objetivo. Já a solução ótima atende todas as restrições e retorna o valor máximo ou mínimo da função objetivo.

Na formulação do modelo de programação linear quatro hipóteses têm de ser satisfeitas: proporcionalidade, aditividade, divisibilidade e certeza, brevemente explicadas a seguir:

- **Proporcionalidade** – A colaboração de cada atividade ao valor da função objetivo é proporcional ao nível de atividade, isto é, a colaboração que uma atividade agrega à função objetivo precisa ser proporcional ao consumo de recursos dessa mesma atividade.
- **Aditividade** – Garante que a colaboração total seja a soma das colaborações individuais, ou seja, em um modelo de programação linear toda função é a soma das colaborações individuais de cada atividade.
- **Divisibilidade** – As variáveis de decisão podem assumir quaisquer valores, inclusive em níveis fracionários, contanto que satisfaçam as restrições funcionais e de não negatividade.
- **Certeza** – Parte do pressuposto que todos os valores concedidos às constantes contidas no modelo são tidos como conhecidos.

A forma padrão da formulação matemática é composta pela função linear que está sendo otimizada conhecida por função objetivo, e as demais funções que retratam as limitações do modelo, conhecidas por restrições. Segundo Arenales et al. (2007), a estrutura padrão pode ser representada conforme a seguir:

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimizar } f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\
 & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\
 & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \bullet \\
 & \bullet \\
 & \bullet \\
 a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n = b_m \\
 x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0
 \end{aligned}$$

Para obter soluções coerentes em um problema de programação linear é preciso que tais hipóteses não sejam transgredidas. Caso contrário, se faz necessário a implementação de outros modelos de solução como: programação não linear, programação linear inteira, programação linear inteira mista, etc. O fator determinante para o modo de resolução é a complexidade do modelo (TAHA, 2008).

Nos casos de problemas de programação linear, o método mais utilizado é o Simplex, o qual corresponde a um algoritmo que opera por meio da repetição de iterações confrontando os resultados alcançados oriundos das soluções viáveis em pontos extremos até atingir o resultado ótimo.

Há diversos casos específicos incluídos nos problemas de programação linear, como a programação inteira a qual é compreendida pelo problema abordado neste trabalho.

2.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Após a difusão da Pesquisa Operacional saindo do setor militar e sendo utilizada em diversas áreas, foram desenvolvidos muitos trabalhos visando auxiliar a resolução dos inúmeros desafios impostos pelo mercado. Estes trabalhos usufruíram das mais variadas técnicas da pesquisa operacional como a programação linear, simulação, DEA (*Data Envelopment Analysis – Análise por Envoltória de Dados*), teoria de filas, entre outras.

Nesse contexto, Freitas (2013), por meio de pesquisas estruturadas e a simulação computacional baseada em eventos discretos, identificou gargalos e deficiências no gerenciamento de leitos de um hospital particular onde seus leitos encontravam-se em nível de colapso. Através do software de simulação ARENA, após a simulação do cenário real foram criados alguns cenários para averiguar e ponderar possíveis modificações, desde a exclusão de determinadas especialidades clínicas até mesmo a ampliação da quantidade de leitos, visando aprimorar a ocupação e rentabilidade do hospital. Dessa forma, o paralelo entre os cenários obtidos deste trabalho proporcionou informações a respeito dos efeitos das mudanças no nível de

ocupação em todo o processo de internação, assim, auxiliando o gestor hospitalar na tomada de decisão identificando as restrições do sistema, delineamento das alternativas para solução, e redução dos riscos referente a desperdícios com as transformações no sistema real.

Utilizando-se do mesmo princípio do trabalho de Freitas (2013), Blanck e Bandeira (2015), por meio de análises realizadas quanto a capacidade de atendimento de um centro cirúrgico, desenvolveram um trabalho para identificar se o dimensionamento atual com alocação otimizada comportaria um maior volume de pacientes sem impactar no tempo padrão dos procedimentos. A partir da programação linear inteira foi desenvolvido um modelo matemático, o qual foi testado com dados reais para validar o cenário atual, e posteriormente 3 cenários foram verificados: aumento da demanda cirúrgica emergencial em 50%, aumento da demanda cirúrgica por convênio em 30% e locação máxima da capacidade cirúrgica. Perante as condições propostas nos cenários citados, compararam-se os resultados obtidos em termos de: taxa de ocupação, índice de sobrecarga, índice de otimização, entre outros. Por meio dos resultados obtidos foi possível indicar que o aumento do número de salas do bloco cirúrgico não necessariamente assegura comportar a nova demanda prevista. É válido ressaltar que este trabalho vai mais além do que Freitas (2013), modelando a alocação baseado nas características presentes em cada sala específica, visto que em alguns casos cirúrgicos a infraestrutura não está disponível em todas as salas do bloco cirúrgico, sendo assim as que contém esses equipamentos específicos tornam-se um conjunto de recursos escassos.

Saueressig et al. (2022) realizaram a aplicação do modelo do modelo matemático SEIHDR (Susceptible, Exposed, Infectious, Hospitalized, Dead, Removed) com parâmetros da pandemia da COVID-19 na cidade de Porto Alegre. O estudo tem a finalidade de projetar a taxa de ocupação dos leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) no pico da pandemia em Porto Alegre. Neste modelo os autores adotaram como parâmetro a taxa de infecção via três modos distintos de contágio, a probabilidade de transmissão e também classificaram as pessoas em seis classes:

- Pessoas suscetíveis a infecção pelo vírus SARS-Cov-2 após contato com indivíduos infectados (S);
- Pessoas expostas ao vírus e infectadas, porém sem potencial para transmissão (E);
- Pessoas infectadas, sintomáticas e com potencial de contágio (I);
- Pessoas hospitalizadas (H);
- Casos de morte que podem transmitir a doença durante os funerais (D).
- Pessoas removidas da cadeia de transmissão: isolamento social ou recuperados (R).

Considerando uma projeção de 300 dias foi obtido uma curva epidemiológica do total de casos prevalentes hospitalizados em UTI, o total de pacientes hospitalizados, quantidade de internados com ventilação mecânica invasiva, assim como as taxas de reprodução do vírus SARS-Cov-2. Em análise comparativa com os dados reais, o modelo indicou assertivamente o pico e queda dos números de casos de COVID-19 e taxa de ocupação dos leitos. Sendo assim, além do objetivo de estudo ter sido alcançado, essas informações poderiam ser usadas como auxílio à tomada de decisão para alocação de recursos perante o surto de COVID-19 no Brasil.

Nguefack *et al.* (2016) realizaram um trabalho para estimar a propagação de novas infecções pediátricas de HIV em Camarões, na África, e assim fornecer insumos para determinação de novas diretrizes hospitalares. Neste trabalho foram consideradas duas situações: mães infectadas pelo HIV transmitido no parto e mães infectadas pelo HIV transmitido durante a lactação. A partir deste estudo foi possível constatar que com a variação de alguns parâmetros houve oscilação na taxa média de transmissão em três períodos, o pré natal, pós natal ou desmame completo. Sendo assim, por meio de uma análise estatística, realizada por meio do software R, foi possível identificar o grupo com maior taxa de transmissão e direcionar esforços estratégicos para a prevenção e combate.

Verter e Zhang (2015), na busca por um modelo matemático para localização das UBS (Unidades Básicas de Saúde), indicaram que além de considerar fatores que comumente são incluídos nos modelos de localização como o volume de atendimento, proximidade do local de atendimento e carga mínima de trabalho, é importante integrar filas aos modelos, já que os participantes tendem a não aderir conforme aumenta o tempo de espera por atendimento. O modelo proposto visa maximizar o número de

participantes das UBS e consequentemente aumentar o número de participantes nos programas de prevenção (campanhas de conscientização, vacinas, consultas e exames), visto que uma forma eficiente para ampliar a saúde pública e prevenir doenças é por meio da saúde preventiva. Foi observado que o modelo proposto atinge o objetivo proposto, porém os autores sugerem para estudos futuros uma abordagem a qual contemple a equidade de acesso, equidade geográfica e equidade econômica, dado que o nível de serviço da saúde normalmente possui diversos objetivos e é um fator pouco estudado.

Por meio de um modelo de programação linear aplicado em um ponto de atendimento para COVID-19, Pereira et al. (2021) realizou uma comparação entre diferentes escalas de trabalho a fim de minimizar os custos com funcionários. Foram analisados o tempo médio de sete processos desde a triagem até a reavaliação de um ponto de atendimento dedicado a COVID-19, assim como a equipe alocada para cada processo e o custo da hora trabalhada pelo profissional. Por meio do Solver foram obtidos resultados para dois cenários: um para a escala flexível que considera a demanda horária por funcionário e outro para uma escala constituída por dois turnos de seis horas e um de doze horas. A comparação entre os resultados dos apontou que o cenário com a escala flexível apresenta uma diminuição de 29% dos custos referentes aos funcionários.

Devesse (2016) investigou a possibilidade de utilização de modelos matemáticos visando planejar de forma ágil as escalas de médicos respeitando normas laborais, contratuais e preferências pessoais. Neste estudo, o autor apresentou dois modelos de alocação sendo o primeiro nomeado modelo de somas ponderadas onde o objetivo é minimizar os desvios obtidos nas restrições de distribuição dos turnos, ou seja, visa minimizar as violações com falta e excesso de turnos extraordinários, horas extraordinárias trabalhadas, e de turnos comuns a que o médico foi alocado. No segundo modelo proposto, designado *min-max*, possui o objetivo de minimizar os maiores desvios das restrições de distribuição. Dessa forma, esse modelo obtém escalonamentos mais equilibrados entre os médicos em comparação com os obtidos na primeira modelagem mencionada. Os modelos foram resolvidos por meio do solver de otimização CPLEX e apresentou uma solução ótima para a primeira abordagem. Entretanto, não foi obtida solução ótima para o segundo modelo. Quanto à qualidade das escalas, mensuradas a partir da porcentagem do GAP entre o melhor valor da função objetivo e o limitante inferior, o primeiro modelo

obteve solução de melhor qualidade e em um menor tempo de execução, todavia o segundo modelo apresentou um melhor equilíbrio na escala dos médicos. Sendo assim, o objetivo de estudo foi alcançado de forma aceitável dada a viabilidade da solução fundamentada em técnicas de otimização em detrimento do manual, a qual necessita de um maior tempo para obter a solução e é mais suscetível a erros.

Magalhães (2016) propôs um modelo matemático baseado nos dados de hospital do estado de Minas Gerais com o objetivo de auxiliar no planejamento do estoque apropriado, a fim de garantir um nível de serviço adequado e minimizar o custo de estoque de medicamentos do hospital. Na elaboração do modelo foram considerados aspectos como a demanda a ser atendida, o fato de possuir ou não a isenção do frete, o lote mínimo do fornecedor, o tempo de entrega e a dinâmica do estoque. Através do software AMPL (*A Mathematical Programming Language*), foi testada a aplicabilidade do modelo. A partir da variação dos dados do problema (produtos, fornecedores e período de tempo) foram realizados dez testes com 23 medicamentos de maior importância segundo a curva ABC feita pelo próprio sistema do hospital, e foram tiradas conclusões de quando e onde comprar. Assim, o modelo se mostrou eficiente para gestão de estoque de múltiplos itens, garantindo uma estratégia para o gerenciamento do estoque de medicamentos de hospitais.

Silva, Almeida e Araújo Jr. (2019), na busca por analisar a equidade da distribuição de recursos do Programa Farmácia Popular do Brasil (PFPB) criou um indicador não paramétrico de cobertura a partir de uma extensão da técnica de análise envoltória de dados (DEA), denominada análise envoltória de dados múltipla (MDEA). Esse indicador de equidade concilia as demandas locais com o total de recursos disponíveis para oferta de serviços, considerando a disponibilidade relativa do programa e as necessidades potenciais de cada região do Brasil. Em análise comparativa entre a cobertura do programa em relação às localidades, foi observado que as regiões mais ricas do país, Sul e Sudeste, representam maior cobertura do programa Farmácia Popular do Brasil em detrimento das regiões mais pobres. O modelo indica que seria necessário um aumento de 22,71% dos repasses do PFPB visando amenizar a disparidade observada no acesso à assistência farmacêutica das regiões estudadas. Portanto, este trabalho forneceu insumos para auxiliar os gestores na alocação eficiente dos recursos priorizando cumprir os princípios e diretrizes definidas pela política nacional de saúde. Além disso, auxilia a orientar as ações

desenvolvidas pelo SUS (Sistema Único de Saúde) conforme as necessidades, oferecendo mais àqueles que necessitam mais, e menos aos que requerem menos.

Silva, Pereira e Fleck (2019) propuseram a aplicação de programação dinâmica para planejamento da reposição de materiais hospitalares de uso cirúrgico visando reduzir o custo total do modelo de compra atual em um hospital municipal na cidade do Rio de Janeiro. O centro cirúrgico é um setor crítico da unidade hospitalar e representa um custo alto para a organização, a qual sofreu redução de orçamento público. Este estudo utilizou os softwares Excel e R Studio para estruturação e implementação do modelo formulado, tendo como objetivo obter soluções ótimas que minimizem os custos, porém considerando a variabilidade da demanda. Ao analisar os custos totais associados ao resultado obtido pelo modelo proposto e o modelo de compras atual do hospital, foi constatado que os planos de reposição gerados por meio da programação dinâmica resultaram em reduções de no mínimo 30% do custo total. Dessa forma, os autores alcançaram resultados promissores para uma gestão eficiente dos suprimentos do hospital estudado.

Conforme trabalhos mencionados acima é possível atestar que um modelo computacional simula uma versão simplificada da realidade de alocação de recursos, como também possui a capacidade de planejar cenários futuros, auxiliando como ferramenta de apoio à decisão. Há bastante tempo organizações hospitalares vem usufruindo da modelagem matemática como ferramenta de apoio à decisão, principalmente para o setor de emergência. Porém em comparação com países como Alemanha e Estados Unidos, a revisão bibliográfica aponta que sua aplicação e uso na área hospitalar ainda é incipiente. Dessa forma, é indispensável acentuar a utilização da pesquisa operacional no setor da saúde (BLANCK, 2015; WATSON et al., 2020)

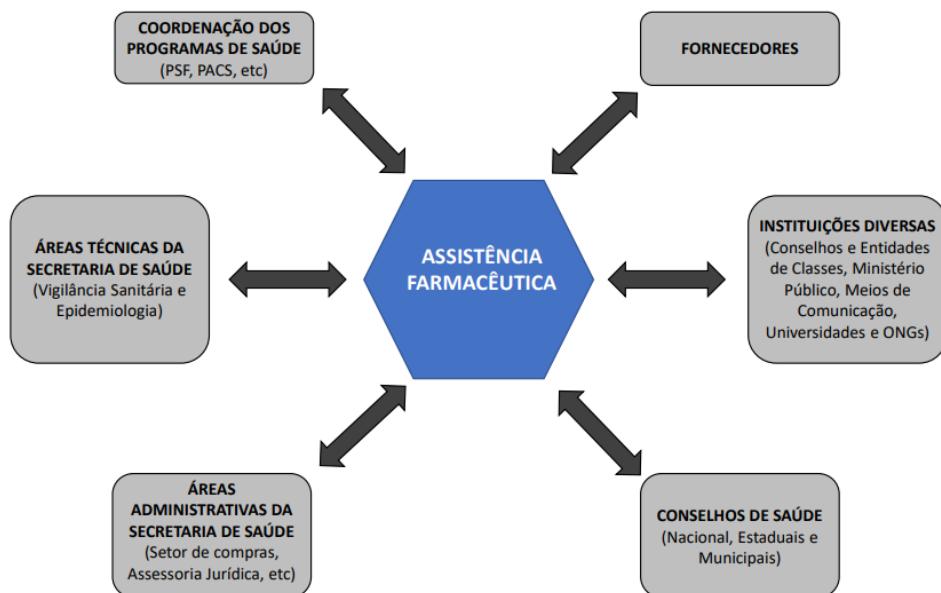
2.3 GESTÃO DA ASSISTÊNCIA FARMACÊUTICA NO CONTEXTO DO SUS

Nesse ambiente organizacional, a incessante procura pelo uso racional do potencial produtivo está associada à otimização da aplicação dos recursos disponíveis, sejam eles materiais, humanos ou monetários. No entanto, a assistência farmacêutica compõe a estrutura organizacional da Secretaria de Saúde, que é uma organização complexa e difícil de ser gerida, o que corrobora com a relevância de ferramentas de apoio à decisão para esses ambientes (BLANCK, 2015)

Por definição, segundo Brasil (2020), a assistência farmacêutica contempla um conjunto de ações direcionadas à promoção, proteção e recuperação da saúde, dispondo do medicamento como item fundamental para apoiar ações dos programas de saúde. Além disso, possui como princípio norteador o ciclo da assistência farmacêutica, o qual é constituído pelas etapas de seleção, programação, aquisição, armazenamento, distribuição e dispensação, em face com ações de saúde.

Para a organização da assistência farmacêutica deve-se discernir todos os seus componentes e elementos, conhecendo a realidade da situação de saúde local, pretendendo a execução de um plano de ação. Segundo Brasil (2001), por se tratar de uma atividade multidisciplinar, requer articulações constantes com outras áreas e demais partes interessadas as quais são representadas a seguir na Figura 3:

Figura 1 – Interfaces da assistência farmacêutica



Fonte: Adaptado de Brasil (2001)

2.3.1 Ciclo da assistência farmacêutica

2.3.1.1 Seleção

A seleção constitui o processo de escolha dos medicamentos eficazes, seguros e primordiais para atender as reais necessidades da população. Essa atividade deve ser realizada por uma comissão permanente de profissionais da saúde e necessita ser fundamentada em critérios epidemiológicos, técnicos, econômicos e na estrutura dos serviços de saúde. (BRASIL, 2001,2006)

2.3.1.2 Programação

A programação consiste em definir o quantitativo de medicamentos selecionados a serem adquiridos, a fim de atender a demanda de serviços por um período específico de tempo. As demandas de medicamentos são oriundas das unidades de saúde e são decorrentes do perfil das doenças da população e das metas das ofertas dos serviços. Todavia, na maioria das vezes os serviços farmacêuticos se confundem com consumo de medicamentos e utilizam o consumo histórico como critério para aquisição. (Brasil, 2006)

Independentemente do método de programação adotado, seja por perfil epidemiológico, oferta de serviços, consumo histórico ou ajustado, Brasil (2006) recomenda associar diversos métodos a fim de obter uma programação mais adequada e mitigar o uso de critérios subjetivos. Além disso, a periodicidade da aquisição deve considerar a modalidade de compra escolhida, a capacidade e disponibilidade do fornecedor, a capacidade de armazenamento, o nível de estoque e os recursos financeiros disponíveis (DIEHL; SANTOS; SCHAEFER, 2016; BRASIL, 2006)

2.3.1.3 Aquisição

Segundo Brasil (2001), o processo de aquisição de compra de medicamentos no setor público é complexo, pois engloba normas legais e administrativas a serem cumpridas, tais como:

- Lei Federal nº 8666/93 e suas atualizações - que estabelece normas para as licitações;
- Lei Federal nº 9.787/99 - que estabelece normas para os medicamentos genéricos;
- Lei Federal nº 10.191/01 - que define o sistema de registro de preços do ministério da saúde.

As aquisições podem ser realizadas através de licitação, dispensa de licitação ou inexigibilidade de licitação. Geralmente o modo de compra adotado está vinculado ao valor da aquisição que envolve o objeto licitado, prevendo seis modalidades conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Modalidades de aquisição

MODALIDADE	VALOR	EDITAL	PRAZO
Concorrência	Sem limite	Sim	Mínimo de 30 dias para obter propostas.
Pregão	Sem limite	Sim	Mínimo de 08 dias úteis de divulgação do edital; 03 dias corrigos para apresentação de recurso.
Convite	Até R\$ 80.000	Sim	Mínimo de 03 interessados; Mínimo de 05 dias úteis para divulgação.
Dispensa de Licitação	Até R\$ 8.000	Não	Tempo necessário para obter no mínimo 03 cotações.
Inexigibilidade de licitação	Sem limite	Não	Sem prazo definido.
Tomada de preço	Sem limite	Sim	Mínimo de 15 dias de divulgação.

Fonte: Adaptado de Sforsin *et al.* (2012)

No entanto, a aquisição deve considerar outros fatores relevantes à gestão da assistência farmacêutica, além dos aspectos legais. Por exemplo, optar por contratos de aquisição com um volume maior e entregar parcelas normalmente apresentam vantagens como a redução dos custos e dos estoques de armazenamento, execução gradual da despesa e abastecimento regular. Além disso, pode-se adotar a estratégia de consórcios intermunicipais com o objetivo de que municípios menores possam desfrutar do poder de compra viabilizada por esse modo de organização. (BRASIL, 2001, 2006)

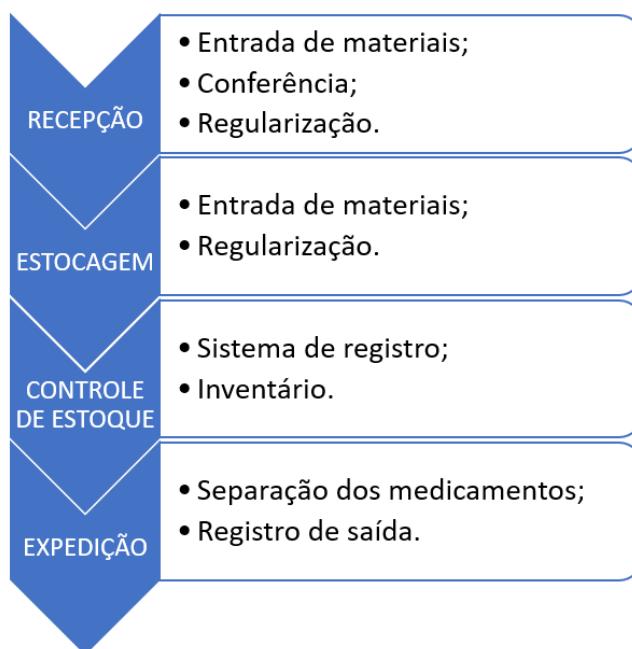
Fora as modalidades de aquisição supracitadas, existe a registro de preço a qual é exigida que seja realizada na modalidade Concorrência ou Pregão. Essa modalidade tem a finalidade de instituir uma Ata de Registro de Preços (ARP), a qual são averbados os itens, os preços, os fornecedores e condições futuras. Essa ata é válida por um ano e não compromete os recursos orçamentários, ou seja, a administração pode contratar a qualquer momento de acordo com suas necessidades e posteriormente ocorrerá a vinculação do orçamento. Dessa forma, a ARP propicia bastante agilidade no processo de compra. (BRASIL, 2002, 2006)

Por fim, conclui-se que o processo de aquisição de medicamentos no setor público é complexo e possui diversas exigências a serem cumpridas. Mas essa conjuntura pode ser agravada quando a garantia do acesso ao medicamento não é priorizada ou quando há dificuldade na tomada de decisão, requisitando tempo maior que o necessário ou decidindo sob pressão - ampliando as possibilidades de não comprar bem. (DIEHL; SANTOS; SCHAEFER, 2016)

2.3.1.4 Armazenamento

Segundo Brasil (2001), armazenamento pode ser definido como um conjunto de procedimentos que envolvem as atividades de recepção, estocagem, conservação e controle do estoque de medicamentos. Tais procedimentos estão representados na Figura 4:

Figura 2 – Etapas do armazenamento



Fonte: Adaptado de Diehl, Santos e Schaefer (2016)

Sabe-se que a eficiência do medicamento está diretamente associada à manutenção de sua estabilidade. Dessa forma, visando garantir o armazenamento, transporte e manuseio adequado, muitos municípios possuem um local específico para essas atividades, o qual é denominado como Central de Abastecimento Farmacêutico (CAF). (BRASIL, 2020)

2.3.1.5 Distribuição

A distribuição pode ser definida como o suprimento de medicamentos às unidades de saúde, em quantidade e qualidade adequada. Além disso, esse processo deve ser realizado de modo ágil para evitar atrasos ou desabastecimentos. A CAF também é responsável por esse processo.

Em relação a periodicidade de distribuição dos medicamentos, alguns fatores precisam ser considerados como a programação, capacidade de armazenamento, demanda, tempo de aquisição, disponibilidade de veículos, entre outros. (BRASIL, 2020)

2.3.1.6 Dispensação

Esse processo consiste no ato de disponibilizar medicamentos a um paciente perante a apresentação de uma receita concebida por um profissional autorizado. Nesse processo o paciente deve ser orientado corretamente sobre o uso do medicamento, ou seja, sua dosagem, interação com outros medicamentos, possíveis reações adversas, condições de conservação, entre outros.

2.3.2 Financiamento da assistência farmacêutica no SUS

Segundo Brasil (2006), o financiamento da assistência farmacêutica para o SUS é dividido em três esferas de gestão: união, estado e município. Desde fevereiro de 2006, o Pacto de Gestão para o SUS a qual é expresso na Portaria nº 399, define os meios de alocação de recursos federais por meio de cinco blocos: 1) Bloco da atenção básica; 2) Bloco da atenção de média e alta complexidade; 3) Bloco da vigilância em saúde; 4) Bloco da assistência farmacêutica; 5) Bloco de gestão.

O bloco de recursos financeiros destinados à assistência farmacêutica, visando a compra de medicamentos para os serviços nas unidades ambulatoriais do SUS, contempla três repartições: básico, estratégico e especializado (DIEHL; SANTOS; SCHAEFER, 2016). Cada repartição dispõe de um modo de financiamento e de organização, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Modalidades de financiamento e organização

	BÁSICO	ESTRATÉGICO	ESPECIALIZADO	
DEFINIÇÃO	Recurso destinado à compra de medicamentos e insumos no âmbito da atenção básica à saúde.	I. Controle de Endemias: tuberculose, hanseníase, malária, leishmaniose, chagas e outras doenças endêmicas de abrangência nacional ou regional. II. Programa de DST, AIDS e Hepatites Virais. III. Programa Nacional de Sangue e Hemoderivados. IV. Imunobiológicos (vacinas e soros) do Programa Nacional de Imunizações. V. Programa de Combate ao Tabagismo. VI. Alimentação e Nutrição.	Medicamentos destinados a assegurar a integralidade de tratamentos em nível ambulatorial.	
PORTRARIAS	Portaria GM/MS no 1.555, de 30 de julho de 2013	-	Portaria GM/MS no 1.554, de 30 de julho de 2013.	
FINANCIAMENTO	Insulina humana NPH 100 UI/ml Insulina humana regular 100 UI/ ml, Medicamentos contraceptivos e insumos do Programa Saúde da Mulher.	União – R\$ 5,10 hab/ano Estadual – R\$ 2,36 hab./ano Municipal – R\$ 2,36 hab/ano	Ministério da Saúde Grupo 1a: medicamentos com aquisição centralizada pelo Ministério da Saúde. Grupo 1b: medicamentos financiados com transferência de recursos financeiros pelo Ministério da Saúde para os estados. Grupo 2: medicamentos financiados pelas Secretarias de Estado da Saúde. Grupo 3: medicamentos cuja dispensação é de responsabilidade dos municípios.	
AQUISIÇÃO	Ministério da Saúde	Estados ou Municípios, conforme pactuação bipartite.	Ministério da Saúde	União/Estados/Municípios
DISPENSAÇÃO	Farmácias e unidades de saúde municipais.	Farmácias e unidades de saúde municipais ou estaduais.	Centros de custo, centros de referência, unidades de dispensação e farmácias municipais ou estaduais.	
ACESSO	Nas unidades básicas de saúde dos municípios por meio da apresentação de receita médica.	Em unidades específicas, geralmente após notificação do caso e apresentação da receita médica.	O acesso estará associado à abertura de processo administrativo.	

Fonte: Adaptado de Diehl, Santos e Schaefer (2016)

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho é de natureza aplicada quantitativa normativa, uma vez que gera conhecimentos para auxílio na tomada de decisão, além de ser classificado como quantitativa normativa, pois aborda uma decisão de um problema real baseado em um modelo matemático para resolução do problema tendo o objetivo de otimizar a função objetivo atendendo às restrições previamente determinadas (MIGUEL *et al.*, 2012)

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados considerados foram gerados a partir de cenários artificiais com base nas informações coletadas referentes a demandas da central de abastecimento (CAF), das solicitações de compra de medicamentos do setor administrativo, e recursos financeiros disponíveis na secretaria municipal de saúde.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Este trabalho em síntese trata de um problema de pesquisa operacional, logo, segundo Taha (2008) as etapas para o desenvolvimento podem ser retratadas como visto na seção 2.1 e representadas na Figura 5.

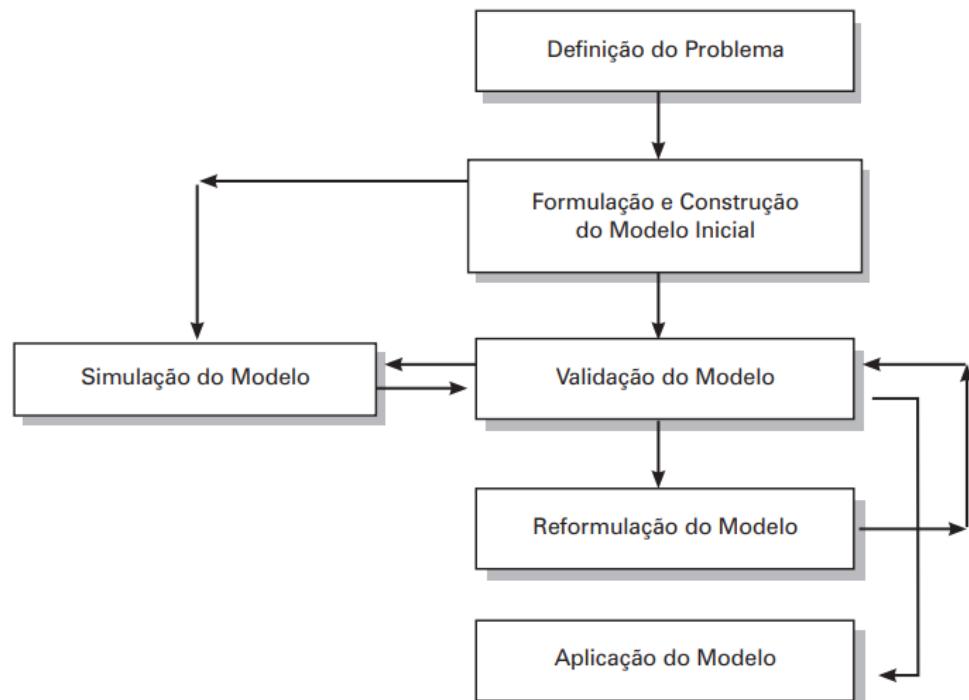
Figura 3 - Etapas da pesquisa



Fonte: O Autor (2022)

É válido ressaltar que as etapas mencionadas acima são cruciais para resolução de um problema de pesquisa operacional, porém ao decorrer do desenvolvimento do trabalho com o intuito de deixar o modelo mais autêntico a realidade se faz necessário reestruturar etapas iniciais. Essa recursividade é retratada na Figura 6.

Figura 4 - Processo da construção de um modelo

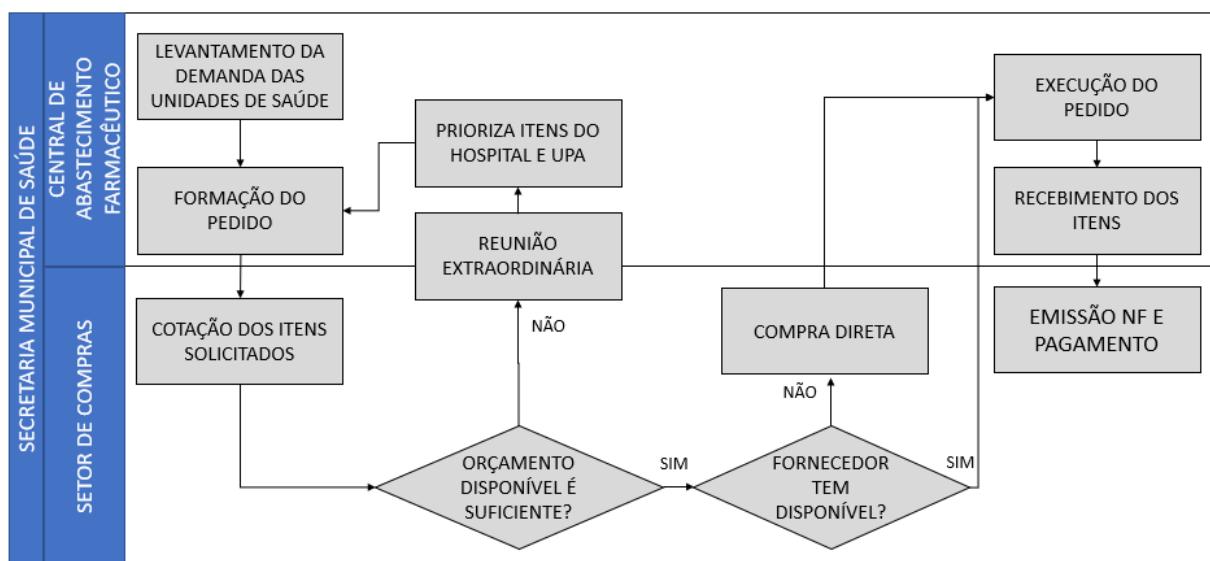


Fonte: Goldbarg, Marco C. (2016)

4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O presente trabalho terá como objeto de estudo o processo decisório das aquisições de medicamentos para unidades de saúde do município de Gravatá, dentre as quais se cita: as 23 Unidades Básicas de Saúde (UBSs), o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) e duas unidades hospitalares de alta complexidade: a unidade de pronto atendimento (UPA) e o Hospital Paulo da Veiga Pessoa (HPVP). Ao total, serão considerados quatro diferentes tipos de unidades de saúde: UBSs, SAMU, UPA e o HPVP. O atual processo de compra é demonstrado abaixo:

Figura 5 - Processo de aquisição de medicamentos



Fonte: O Autor (2022).

O fluxo apresentado na Figura 7 acontece semanalmente para a demanda da UPA, HPVP, e mensalmente para o SAMU e as UBSs porque majoritariamente são os mesmos medicamentos e apresentam menor rotatividade. O levantamento da demanda é realizado a partir das solicitações que são encaminhadas para a CAF, constando a descrição do item pedido e quantidade. As requisições são unificadas em lotes e o pedido é enviado ao setor de compras.

Sendo assim, após o recebimento do pedido o setor de compras realiza as cotações seguindo processos licitatórios ou contrato, e verifica se o orçamento disponível é suficiente. Caso o orçamento seja insuficiente, o setor de compras solicita uma reunião extraordinária para definição da quantidade parcial de compra, onde a definição da quantidade parcial a ser comprada é acordada em uma reunião entre os responsáveis pelo setor de compras. Nessa reunião são consideradas apenas duas perspectivas para auxiliar a definição da programação de aquisição parcial: 1) a média

de compra mensal de cada medicamento, e 2) a criticidade, ou seja, se a demanda é proveniente de unidades hospitalares, pois estas são priorizadas devido à alta complexidade. Dessa forma, os pedidos da UPA e HPVP serão sempre atendidos, e o orçamento remanescente será destinado para compra dos medicamentos das UBs e SAMU, embora não seja suficiente para atender a demanda completa. Em contrapartida, quando o orçamento é suficiente, é realizada a execução do pedido por meio de pregão eletrônico ou compra direta através da adesão a uma ata já licitada em outro município.

Após a efetivação do pedido, aguarda-se a entrega dos medicamentos na CAF, a qual também é responsável por receber, conferir, estocar e distribuir os itens recebidos. Em seguida, a nota fiscal é emitida e direcionada ao setor financeiro para prosseguir com o pagamento.

O preço e prazo para entrega são instáveis devido às oscilações do mercado em virtude da disponibilidade da matéria prima. Por exemplo, na alta dos preços a demanda só é atendida parcialmente ou com medicamentos similares previamente decididos na reunião extraordinária. Além disso, é válido ressaltar que o mesmo medicamento pode ser comprado em fornecedores diferentes, caso o fornecedor de menor preço não possua capacidade para atender todo o pedido.

Informações gerenciais a respeito do estoque efetivo dos medicamentos são cruciais para tomada de decisão sobre a logística de abastecimento. Dessa forma, esse estudo tem a finalidade de oferecer agilidade na tomada de decisão de quantos medicamentos comprar para atender parcialmente cada requisição, visto que recorrentemente não há orçamento disponível para atender toda a demanda e tal atividade despende bastante tempo e disponibilidade das partes interessadas.

Neste cenário, é imprescindível considerar todas as variáveis e restrições envolvidas para tomar uma decisão assertiva de modo a não acarretar desabastecimento desses medicamentos e consequentemente um impasse no atendimento dos pacientes. Sendo assim, esse estudo visa automatizar o processo de análise e decisão de aquisição parcial dos fármacos, reduzir o tempo despendido para essa atividade e redução de erros por falha humana.

5 MODELO MATEMÁTICO PROPOSTO

Na modelagem do problema apresentado foi considerado um modelo de programação matemática visando o atendimento das restrições mencionadas previamente, a saber: preço dos produtos, capacidade do fornecedor para cada produto, demandas dos produtos para cada unidade hospitalar, a prioridade de atendimento dos produtos nas unidades, e o orçamento disponível. O modelo teórico visa a maximização do benefício total de atendimento das demandas. Segue a descrição matemática do modelo:

Conjuntos:

P – Conjuntos dos produtos representados pelo índice i ; sendo $P = \{1, 2, \dots, n\}$

F – Conjuntos dos fornecedores representados pelo índice j ; sendo $F = \{1, 2, \dots, m\}$

U – Conjunto das unidades hospitalares (Hospital, UPA, SAMU e Postos de Saúde) representadas pelo índice k ; sendo $U = \{1, 2, 3, 4\}$

Parâmetros:

p_{ij} – Preço do produto i no fornecedor j .

A_{ij} – Parâmetro binário que indica se o produto i pode ser fornecido pelo fornecedor j .

q_{ij} – Capacidade do fornecedor j para fornecer o produto i .

d_{ik} – Demanda (em caixas) do produto i na unidade hospitalar k .

b_{ik} – Benefício de atendimento do produto i na unidade k .

O – Orçamento disponível.

Variáveis:

x_{ij} – Quantidade do produto i comprada do fornecedor j .

y_{ik} – Quantidade do produto i enviada para unidade hospitalar k .

z_{ik} – Fração do atendimento do produto i na unidade hospitalar k .

Função objetivo de maximização:

$$\sum_{i \in P} \sum_{k \in U} b_{ik} z_{ik} \quad (1)$$

Sujeita às restrições:

$$\sum_{j \in F} a_{ij} x_{ij} = \sum_{k \in U} y_{ik} \quad \forall i \in P \quad (2)$$

$$y_{ik} \leq d_{ik} \quad \forall i \in P, k \in U \quad (3)$$

$$z_{ik} \leq \frac{y_{ik}}{d_{ik}} \quad \forall i \in P, k \in U \quad (4)$$

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in F} p_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad \forall i \in P, j \in F \quad (5)$$

$$x_{ij} \leq Q_{ij} \quad \forall i \in P, j \in F \quad (6)$$

$$x_{ij} \in Z_+ \quad \forall i \in P, j \in F \quad (7)$$

$$Y_{ik} \in Z_+ \quad \forall i \in P, k \in U \quad (8)$$

$$0 \leq Z_{ik} \leq 1 \quad \forall i \in P, k \in U \quad (9)$$

Detalhamento do modelo teórico:

(1) Função objetivo: visa maximizar o benefício total proveniente do atendimento das demandas de cada unidade hospitalar, ou seja, busca maximizar a prioridade de atender as unidades hospitalares U , gerando a possibilidade de realizar os atendimentos preferenciais e assim beneficiar a população.

Onde:

b_{ik} – Benefício de atendimento do produto i na unidade k , ou seja, retrata o quanto importante é o produto i na unidade k segundo os gestores.

z_{ik} – Fração do atendimento do produto i na unidade hospitalar k .

As Restrições (2) garantem que a soma das quantidades de produtos comprados em determinado fornecedor j deve ser igual a quantidade de produtos enviados para as unidades hospitalares. Isso garante que todos os produtos adquiridos serão enviados para as unidades. As Restrições (3) garantem que o número máximo de produtos i

enviados para unidade hospitalar k seja menor ou igual a demanda desse respectivo produto na unidade. As Restrições (4) definem que a fração dos produtos que são entregues em relação a quantidade requisitada por cada unidade k . Restrição (5) garante que a soma dos valores despendidos na compra dos medicamentos seja menor ou igual ao orçamento total disponível. Restrições (6) garantem que a capacidade disponível do fornecedor seja suficiente para atender a quantidade a ser comprada. Restrição (7)-(9) definem o domínio das variáveis.

5.1 ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS

Alguns aspectos a serem considerados quanto a resolução do problema são:

- I. A área física da central de abastecimento farmacêutico é suficiente para comportar o recebimento dos itens adquiridos.
- II. Garantia da disponibilidade dos fornecedores.
- III. O modelo não contempla a dificuldade de aquisição de determinados produtos (ex: itens importados)
- IV. Indicadores de monitoramento e avaliação da programação segundo Brasil (2006):
 - a. Percentual de itens programados x itens atendidos
 - b. Percentual de medicamentos programados e não utilizados por superestimação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo apresentado anteriormente foi implementado em Python utilizando a biblioteca Pyomo. Os experimentos computacionais foram realizados em um computador HP Laptop 15-da0xxx, com processador Intel Core i5-8265U de 1.6 GHz com 8.0 GB de memória RAM, executando o sistema operacional Windows 11 de 64 bits. O solver utilizado para resolução do problema foi o GLPK 4.65.

6.1 GERAÇÃO DAS INSTÂNCIAS

Motivado pela impossibilidade de consideração de dados reais nas análises, instâncias artificiais foram geradas inspiradas em informações obtidas por meio de conversas com os gestores da secretaria municipal de saúde. Todas as instâncias consideram quatro unidades de saúde e três fornecedores, e variam de acordo com o número de produtos a serem comprados. Dessa forma, a fim de testar a escalabilidade do modelo, foram geradas instâncias considerando um total de 20, 30, 40, e 50 produtos.

O valor do orçamento varia conforme um percentual do valor total necessário para aquisição de todos os produtos considerando o fornecedor de menor preço. Portanto, com o interesse de analisar a escalabilidade do modelo foram adotados os valores de 50%, 70%, 90% e 100% do orçamento necessário para cada instância de quantidade diferente de produtos. Além disso, a fim de gerar uma folga foi adicionado o valor de R\$ 100,00 no orçamento final.

A demanda de cada produto das quatro unidades hospitalares foi definida de modo aleatório, sendo considerado valores entre 10 e 250. Sendo assim, o valor do pedido total do produto é a soma das demandas de cada unidade hospitalar. O valor do benefício associado ao atendimento de cada unidade de saúde foi gerado de forma aleatória considerando a escala Linkert de 5 pontos. Ou seja, foram adotados valores entre 1 e 5.

Por sua vez, a capacidade dos fornecedores foi definida de modo aleatório adotando um valor entre 50% e 150% da quantidade total da demanda de cada produto. Além disso, foi considerado que todos os produtos podem ser fornecidos pelos três fornecedores. O preço de cada produto foi gerado de forma aleatória. Definiu-se que o preço do Fornecedor 1 apresentaria um valor entre R\$ 1,00 e R\$ 20,00. Por sua vez, o Fornecedor 2 apresentaria um valor igual ou até 25% superior ao do Fornecedor 1. Por fim, o Fornecedor 3 assumiria um valor entre 25% e 50%

superior ao do Fornecedor 1. Esse passo a passo foi seguido para que os preços dos fornecedores estivessem ordenados em ordem crescente de preço.

Todos os dados gerados aleatoriamente foram obtidos por meio da função "ALEATÓRIOENTRE" do software Excel.

6.2 RESULTADOS COMPUTACIONAIS

Nesta seção são apresentados resultados obtidos a partir de experimentos computacionais realizados considerando-se as instâncias geradas anteriormente. Na Tabela 1 são apresentados resultados referentes ao atendimento da demanda em cada unidade hospitalar. As colunas da Tabela 1 são nomeadas como segue: QTD. PRODUTOS indica a quantidade de produtos a serem considerados; % DO ORÇAMENTO TOTAL DO PEDIDO, indica qual o valor do orçamento disponível com relação ao valor total dos produtos a serem solicitados; T(s) indica o tempo computacional requerido para resolução do modelo; U1-U4 correspondem ao percentual de atendimento da demanda de cada uma das unidades de saúde.

Tabela 1 – Percentual do atendimento da demanda nas unidades hospitalares

QTD. PRODUTOS	% DO ORÇAMENTO TOTAL DO PEDIDO	T(s)	U1	U2	U3	U4
20	50%	0.08	64%	54%	77%	46%
	70%	0.07	78%	100%	84%	62%
	90%	0.06	80%	100%	95%	90%
	100%	0.06	97%	100%	100%	100%
30	50%	0.05	53%	69%	76%	57%
	70%	0.03	89%	80%	78%	71%
	90%	0.04	92%	89%	95%	94%
	100%	0.04	100%	100%	100%	96%
40	50%	2.87	62%	73%	52%	66%
	70%	0.05	56%	85%	86%	78%
	90%	0.06	93%	97%	88%	92%
	100%	0.05	100%	100%	100%	97%
50	50%	0.05	76%	60%	65%	63%
	70%	0.76	75%	84%	81%	69%
	90%	0.11	95%	85%	96%	97%
	100%	0.03	96%	100%	100%	100%

Fonte: O Autor (2022).

Como pode ser observado na Tabela 1, o modelo possui uma boa escalabilidade uma vez que consegue resolver as instâncias com até 50 produtos em tempos computacionais inferiores a 2.87 segundos.

Além disso, o modelo pode ser uma boa ferramenta de apoio, pois oferece diversas vantagens em termos de análise de dados para a tomada de decisão que atualmente não são consideradas pelos gestores. Algumas dessas vantagens são:

- O modelo informa de forma ágil qual o melhor cenário para aquisição baseado no objetivo de benefício total do atendimento das demandas e nas restrições;
- O modelo possibilita ponderar a importância dos medicamentos para cada unidade hospitalar;
- O modelo respeita a ordem dos preços.

A partir da Tabela 2, nota-se que os itens com maior prioridade são predominantemente atendidos.

Tabela 2 - Percentual do atendimento da demanda nas unidades hospitalares

QTD. PRODUTOS	% DO ORÇAMENTO TOTAL DO PEDIDO	PRIORIDADE				
		1	2	3	4	5
20	50%	23%	50%	48%	89%	89%
	70%	62%	61%	89%	97%	100%
	90%	60%	100%	100%	100%	100%
	100%	95%	100%	100%	100%	100%
30	50%	17%	46%	80%	97%	100%
	70%	17%	72%	81%	100%	100%
	90%	71%	100%	100%	100%	100%
	100%	96%	100%	100%	100%	100%
40	50%	17%	56%	75%	100%	94%
	70%	32%	67%	90%	96%	100%
	90%	65%	97%	100%	100%	100%
	100%	96%	100%	100%	100%	100%
50	50%	31%	60%	67%	72%	86%
	70%	35%	62%	86%	96%	100%
	90%	75%	100%	100%	100%	100%
	100%	92%	100%	100%	100%	100%

Fonte: O Autor (2022).

O fator de prioridade se demonstra funcional, pois possibilita considerar a criticidade de cada produto para a realização de atendimentos ou até mesmo a urgência desse produto na respectiva unidade hospitalar.

Por fim, apresenta-se que o modelo respeita a ordem dos preços, ou seja, ele sempre compra do fornecedor de menor preço. Caso este não consiga atender o pedido completo, compra-se do próximo fornecedor de menor preço, conforme apresentado na Tabela Z.

Tabela 3 - Solução da instância com 50 produtos e 90% do orçamento total

PRODUTO	PREÇOS			QUANTIDADE ADQUIRIDA			DEMANDA
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	
1	R\$ 1	R\$ 1	R\$ 2	36			361
2	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 9	68			689
3	R\$ 18	R\$ 16	R\$ 24		75		754
4	R\$ 24	R\$ 20	R\$ 28		23		577
5	R\$ 15	R\$ 14	R\$ 19		67		679
6	R\$ 17	R\$ 15	R\$ 22	7	59		604
7	R\$ 10	R\$ 10	R\$ 15	71			718
8	R\$ 5	R\$ 5	R\$ 7	66			663
9	R\$ 4	R\$ 4	R\$ 5	10	10		209
10	R\$ 8	R\$ 7	R\$ 9		33		338
11	R\$ 1	R\$ 1	R\$ 2	56	10		663
12	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	54			540
13	R\$ 21	R\$ 19	R\$ 24		44		443
14	R\$ 2	R\$ 2	R\$ 3	39	17		566
15	R\$ 9	R\$ 9	R\$ 12	48			487
16	R\$ 1	R\$ 1	R\$ 2	49			494
17	R\$ 5	R\$ 5	R\$ 7	41			410
18	R\$ 21	R\$ 17	R\$ 22		46		695
19	R\$ 25	R\$ 20	R\$ 26		43		438
20	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	20	18		395

21	R\$ 15	R\$ 14	R\$ 19	25 4	31 7		571
22	R\$ 19	R\$ 18	R\$ 23	15 1	26 4		415
23	R\$ 19	R\$ 18	R\$ 25		29 9		520
24	R\$ 6	R\$ 5	R\$ 7		50 7		507
25	R\$ 20	R\$ 18	R\$ 26		67 7		677
26	R\$ 9	R\$ 8	R\$ 12		82 0		820
27	R\$ 6	R\$ 6	R\$ 8	17 3	11 7		290
28	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	35 6	2		358
29	R\$ 2	R\$ 2	R\$ 3	26 7	11 3		380
30	R\$ 20	R\$ 19	R\$ 25	21	47 9		500
31	R\$ 21	R\$ 19	R\$ 28	19	21 1		230
32	R\$ 5	R\$ 5	R\$ 7	30 8			308
33	R\$ 22	R\$ 18	R\$ 27		30 3		351
34	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	63 7			637
35	R\$ 18	R\$ 15	R\$ 21		24 1		490
36	R\$ 8	R\$ 8	R\$ 12	43 4	19 3		627
37	R\$ 17	R\$ 15	R\$ 21		74 2		743
38	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	36 4	30 4		668
39	R\$ 15	R\$ 13	R\$ 18	32	44 7		479
40	R\$ 7	R\$ 7	R\$ 9	67 8			678
41	R\$ 21	R\$ 20	R\$ 26		42 9		593
42	R\$ 16	R\$ 15	R\$ 21	14	62 5		639
43	R\$ 24	R\$ 20	R\$ 29		38 5		541
44	R\$ 3	R\$ 3	R\$ 4	32 0	15 4		474
45	R\$ 16	R\$ 16	R\$ 22	42 0			420
46	R\$ 1	R\$ 1	R\$ 2	52 6			526
47	R\$ 16	R\$ 13	R\$ 17		41 4		592
48	R\$ 11	R\$ 10	R\$ 14	58	28 6		344
49	R\$ 9	R\$ 8	R\$ 10	24 9	33 1		580

50	R\$ 12	R\$ 11	R\$ 10	49	10 0	29 2	
----	-----------	-----------	-----------	----	---------	---------	--

Fonte: O Autor (2022).

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta os resultados de um modelo de programação matemática cuja finalidade concentrou-se no uso da programação linear para auxiliar a tomada de decisão a respeito da compra de medicamentos. Para tanto, o modelo proposto considera questões como quantidade de unidades hospitalares, prioridade dos produtos, assim como a disponibilidade, a capacidade e o preço dos fornecedores. A sugestão obtida pelo modelo demonstrou-se vantajosa, visto que apresentou melhores alternativas com o objetivo de maximizar o benefício total de atendimento.

A discussão revelou que o uso da modelagem computacional é comprovadamente uma ferramenta importante para alocação de recursos escassos e para a tomada de decisão no processo de compra, principalmente devido ao alto nível de subjetividade considerado pelos gestores e número de variáveis envolvidas.

Por fim, conclui-se que o objetivo geral deste estudo foi alcançado, ou seja, a ferramenta fornece subsídios aos gestores no processo de tomada de decisão. Entretanto, a definição dos parâmetros do modelo carece de muitas informações provenientes da secretaria de saúde e fornecedores externos. Dessa forma, ciente que atualmente nem todas as informações são fornecidas, mapeadas ou coletadas, essa situação retrata uma das dificuldades para implementação real no sistema público de saúde. Sendo assim, vale ressaltar a necessidade de aumentar a complexidade da análise e investigar todo o processo, sendo interessante a comparação entre as sugestões obtidas através do modelo e as aquisições realizadas.

REFERÊNCIAS

- ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R., YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BLANCK, Mery; BANDEIRA, Denise Lindstrom. **Análise da capacidade operacional de um centro cirúrgico: modelagem matemática aplicada ao dimensionamento e alocação de recursos**. REGE - Revista de Gestão. Vol 22, Pages 565-583, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde. **Assistência Farmacêutica na gestão municipal: da instrumentalização às práticas de profissionais de nível médio e/ou técnico nos serviços de saúde** [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2020.
- _____. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Assistência farmacêutica na atenção básica: instruções técnicas para sua organização**. 2ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- _____. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Gerência Técnica de Assistência Farmacêutica. **Assistência Farmacêutica: instruções técnicas para a sua organização** / Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.
- CUNHA J., Joaquim José; COUTO, Braulio; STARLING, Carlos. **Abordagem baseada em otimização não-linear com restrições para determinação do número básico de reprodução (R_0) e simulação de cenários de transmissão do COVID-19 / Non-linear optimization-based approach with restrictions for determining the basic playback number (R_0) and simulating transmission scenarios of COVID-19**. *Brazilian Journal of Development*, 6(12), 102053–102067.
- DAMGHANI, Kaveh Khalili; GHASEMI, Peiman. (2021) **A robust simulation-optimization approach for pre-disaster multi-period location-allocation-inventory planning**. Elsevier, vol. 179, pp. 69-55.
- DEVESSE, V. A. P. A.. **Métodos de solução para o problema de escalonamento de médicos**. São Carlos, 2016. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP).
- DIEHL, Eliana Elisabeth; SANTOS, Rosana Isabel; SCHAEFER, Simone da Cruz Schaefer. **Logística de medicamentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, vol IV, 2016.
- FREITAS, Hérica Debora Praxedes. **A utilização da pesquisa operacional para o gerenciamento dos leitos em um hospital particular: estudo de caso baseado em simulação computacional**. Natal, 2013. 104 p. Tese (mestrado em engenharia de produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GOLDBARG, M. C.; GOLDBARG, E. G.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e Meta-heurísticas: algoritmos e aplicações.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

GOODARZIAN, F; KUMAR, Vikas; GHASEMI, Peiman, **A set of efficient heuristics and meta-heuristics to solve a multi-objective pharmaceutical supply chain network.** Computers & Industrial Engineering, vol 158, 2021.

HILLIER, Frederick S; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional.** 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

JIANG, C; SHENG, Z. (2009) **Case-based reinforcement learning for dynamic inventory control in a multi-agent supply-chain system.** Expert Systems with Applications, vol. 36, no. 3 PART 2, pp. 6520–6526.

NOVELLI, Cibelle Maria Russo. **Modelo matemático otimiza estoques de EPI em hospitais durante pandemia.** [Entrevista concedida a]: Roxane Ré. [S.l.]: Rádio USP, 06 mai. 2020. Podcast. Disponível em: Mem Vieira e Ferraz Junior. <<https://jornal.usp.br/ciencias/modelo-matematico-otimiza-estoques-de-epis-em-hospitais-durante-pandemia/>>. Acessado em 20/08/2022.

MAGALHÃES, Amanda Oliveira. **Modelagem matemática para gestão de estoque de múltiplos itens com demanda derivada em um hospital de médio porte.** Ouro Preto, 2016. 40p. Tese (graduação em engenharia de produção) – Universidade Federal de Ouro Preto.

MENEZES, Michellen Lima. **Planejamento organizacional estratégico em organizações públicas na pandemia: uma revisão da literatura.** João Pessoa, 2021. 24p. Tese (graduação em engenharia de produção) – Universidade Federal da Paraíba.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

NGUEFACK, H.L.N. et al. **Estimating mother-to-child HIV transmission rates in Cameroon in 2011: a computer simulation approach.** BMC Infectious Diseases. Bordeaux: Université Bordeaux Segalen, 2016.

PEREIRA, Cecília. et al. **Comparação entre diferentes escalas de trabalho para minimização de custos: um modelo de programação linear aplicado em um pronto atendimento para covid-19.** In: simpósio brasileiro de pesquisa operacional LIII, 2021, João Pessoa. Anais eletrônicos [...] Campinas: Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2021/trabajos/comparacao-entre-diferentes-escalas-de-trabalho-para-minimizacao-de-custos--um-modelo-de-programacao-linear-aplicado-em-?lang=pt-br>> Acesso em: 8 out. 2022.

SABOUI, F; PISHVAEE, M. S.; & Jabalameli, M. S. (2018) **Resilient supply chain design under operational and disruption risks considering quantity discount: A case study of pharmaceutical supply chain.** Computers & Industrial Engineering, vol 126, p. 657–672, 2018.

SATOMI, Erika; BORGES, Pedro Custódio de Mello. **Alocação justa de recursos de saúde escassos diante da pandemia de COVID-19: considerações éticas.** São Paulo: SciELO, 2020.

SAUERESSIG, M. G.; HACKMANN, C. L.; DA SILVA, C. E. S.; FERREIRA, J. **Emprego do modelo matemático SEIHDR para auxiliar gestores na estimativa de ocupação de leitos de UTI em uma pandemia: simulação para pacientes com COVID-19 no município de Porto Alegre.** *Clinical and Biomedical Research*, [S. I.], v. 42, n. 2, 2022.

SFORGIN, A. C. P. ; SOUZA, F. S.; SOUSA, M. B.; TORREÃO, N. K. A. M.; GALEMBECK, P. F.; FERREIRA, R.. **Gestão de compras em farmácia hospitalar.** 16. ed. Rio de Janeiro: Farmácia Hospitalar, 2012.

SHIRAZI, Hossein; KIA, Reza. GHASEMI, Peiman. **Ranking of hospitals in the case of COVID-19 outbreak: A new integrated approach using patient satisfaction criteria.** In: International Journal of Healthcare Management, 13:4, pp. 312-324, 2020.

SILVA, A. A. B; PEREIRA, Hingred Ferraz; FLECK, Julia. **Aplicação de programação dinâmica para planejamento da reposição de materiais hospitalares.** In: simpósio brasileiro de pesquisa operacional, 2019, Limeira. Anais eletrônicos [...] Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo/sbpo-2019/trabajos/aplicacao-de-programacao-dinamica-para-planejamento-da-reposicao-de-materiais-hospitalares?lang=pt-br>> Acesso em: 8 out. 2022.

SILVA, M. E. L.; ALMEIDA, A. T. C.; ARAÚJO JÚNIOR, I. T. **Análise de equidade da distribuição de recursos do Programa Farmácia Popular.** Revista de Saúde Pública, v. 53, p. 50, 2019.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral.** 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

VERTER, V.; ZHANG, Y. **Location Models for Preventive Care.** In: Applications of Location Analysis, International Series in Operations Research & Management Science. Switzerland: Springer International Publishing, 223-241, 2015.

WATSON, Joshua; HUTYRA, Carolyn A; CLANCY, Shayna M; CHANDIRAMANI, Anisha; BEDOYA, Armando; ILANGOVAN, Kumar; NDERITU, Nancy; POON, Eric G. **Overcoming barriers to the adoption and implementation of predictive modeling and machine learning in clinical care: what can we learn from US academic medical centers?** *JAMIA Open*, Volume 3, Issue 2, July 2020, p.167–172, 2020.

YURTKURAN, A; EMEL, E. **Simulation based decision-making for hospital pharmacy.** In: Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008, pp. 101–112.