



Associação Propagadora Esdeva
Centro Universitário Academia – UniAcademia
Curso de Engenharia de Produção
Trabalho de Iniciação Científica – Grupo de Estudo

UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA A DETERMINAÇÃO DO MELHOR MIX DE PRODUÇÃO EM UM AMBIENTE FABRIL

Alfredo Roberto Gonçalves da Costa Filho*

Carolina Silveira Rocha*

Gabrielly de Souza Ribeiro*

Gustavo Kenji Amanuma Soares*

Marco Aurelio Piccinini**

Linha de Pesquisa: Pesquisa operacional aplicada e modelagem de dados

RESUMO

Este artigo examina a importância do mix de produção no desempenho de ambientes fabris, destacando sua relevância em um contexto industrial cada vez mais dinâmico e competitivo. A flexibilidade na combinação de produtos é fundamental para atender às demandas do mercado de forma ágil, ao mesmo tempo em que a otimização do mix contribui para a eficiência operacional e a minimização de desperdícios. A priorização de produtos que oferecem maior retorno financeiro, alinhada a práticas sustentáveis, reforça a necessidade de uma gestão eficaz do mix produtivo. A pesquisa operacional (PO) é apresentada como uma ferramenta essencial para apoiar a tomada de decisões e o desenvolvimento de um processo decisório estruturado. A integração do planejamento estratégico com as operações produtivas associada a filosofia PO torna-se crucial para que as empresas mantenham sua competitividade em um cenário global que impõe constantes mudanças nas preferências dos consumidores. A inovação, impulsionada por tecnologias emergentes, deve ser incorporada à cultura organizacional, permitindo que as empresas respondam proativamente às novas exigências do mercado.

Palavras chave: Produção; Pesquisa Operacional; Inovação; Otimização.

*Graduando no curso de Engenharia Elétrica do CES-JF

** Mestrado em Gestão de Sistemas de Engenharia pela Universidade Católica de Petrópolis, Pós-graduação Latu sensu em redes de Computadores pelo CES-JF, Graduado em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Federal de SJDR.

1. INTRODUÇÃO

O mix de produção é um elemento crucial no desempenho de ambientes fabris, referindo-se à combinação de produtos fabricados por uma empresa. A sua importância se destaca na capacidade de atender às demandas do mercado de maneira ágil e eficiente. Em um cenário industrial caracterizado por constantes mudanças nas preferências dos consumidores e nas condições econômicas, um mix de produção flexível permite que as fábricas adaptem suas operações rapidamente, garantindo competitividade.

A otimização do mix de produção não apenas aumenta a eficiência operacional, mas também contribui para a minimização de desperdícios. Ao entender quais produtos oferecem maior retorno financeiro e quais consomem mais recursos, as empresas podem priorizar a produção de itens mais lucrativos. Essa abordagem não apenas melhora a margem de lucro, mas também se alinha às práticas de sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental.

Existem várias ferramentas que auxiliam na análise e escolha do mix produtivo ideal, uma delas é a Pesquisa Operacional (PO). Conceitualmente a pesquisa operacional é fundamental para compreender como as decisões moldam a vida das pessoas e suas consequências. As decisões que enfrentamos diariamente envolvem complexidade e exigem intervenção, revelando a importância de um bom processo decisório. Apesar de estarmos constantemente tomando decisões, poucas empresas utilizam ferramentas científicas para aprimorar seus processos. A maioria aprende por meio da experiência, mas essa abordagem nem sempre se traduz na resolução eficaz de novos problemas. O foco deve estar em como as decisões são feitas, e não apenas no que é decidido.

Portanto, o processo que antecede a decisão é tão importante quanto a própria escolha, permitindo melhorias contínuas. Esse ciclo de aprendizado evolutivo é vital, pois situações decisórias exigem uma abordagem dinâmica, considerando tanto as ações quanto as mudanças ambientais.

Neste contexto, a utilização da pesquisa operacional na definição do mix ideal de produtos a serem sequenciados no processo produtivo é de fundamental importância. Este artigo busca abordar as definições básicas deste processo e as ferramentas disponíveis para tal análise.

2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Com a crescente globalização econômica que caracteriza os tempos atuais, as empresas se deparam com um novo cenário de negócios, repleto de desafios e oportunidades sem precedentes. A gestão dos preços, uma prática que antes era vista como uma vantagem competitiva sólida, agora se torna cada vez mais inviável. Nas negociações comerciais, o espaço para acomodar todas as empresas participantes do mercado é limitado, resultando na definição dos preços dos produtos pela lei da oferta e da demanda. Em um ambiente em que os preços são fixados pelo mercado, para que uma empresa consiga obter lucros sustentáveis, é imperativo que seu sistema produtivo opere com custos significativamente inferiores ao preço de venda proposto. Parente e Barki (2014).

Caso os custos de produção sejam excessivamente altos, a empresa poderá não conseguir oferecer um produto competitivo, tornando-se incapaz de garantir uma remuneração adequada para o capital investido. Essa situação pode levar a uma série de consequências desfavoráveis, incluindo a deterioração do capital, a redução da capacidade de investimento em inovações e a eventual saída do mercado. Nesse novo contexto de concorrência acirrada, duas transformações significativas podem ser claramente observadas: a redução das margens de lucro e o incremento das fusões estratégicas entre empresas, que buscam otimizar sua posição no mercado, compartilhar recursos e reduzir custos de operação.

De acordo com Corrêa e Gianesi (2001), a diminuição da competitividade das empresas pode ser atribuída, em grande parte, à obsolescência das práticas gerenciais e tecnológicas que foram aplicadas em seus sistemas produtivos ao longo do tempo. Essa problemática origina-se de cinco aspectos principais que impactam diretamente na eficácia dos sistemas de produção:

1. Falhas nas medidas de desempenho: Muitas empresas carecem de métricas claras e eficazes para avaliar o desempenho de suas operações. A ausência de indicadores adequados pode levar a decisões gerenciais mal informadas que afetam a competitividade.
2. Descuido em relação às questões tecnológicas: Frente ao rápido avanço tecnológico, algumas organizações falham em investir nas modernizações necessárias em seus sistemas produtivos, resultando em ineficiências operacionais.

3. Especialização excessiva: A especialização pode ser benéfica até certo ponto, mas a falta de integração entre as funções de produção pode criar silos que dificultam a comunicação e a colaboração, tornando o sistema menos ágil.
4. Perda de foco nos negócios essenciais: A dispersão de esforços em muitas direções pode desviar a atenção das competências centrais da empresa, levando a uma diminuição na qualidade e na eficiência dos produtos ou serviços oferecidos.
5. Resistência em adotar novas abordagens produtivas: A aversão à mudança pode inibir a inovação, resultando em sistemas de produção antiquados que não atendem às demandas do mercado atual.

Esses fatores afetam não apenas a eficiência operacional, mas também a capacidade das empresas de se adaptarem às novas demandas e preferências do mercado. Uma gestão eficaz do sistema de produção deve, portanto, incluir uma análise contínua do ambiente competitivo e do desempenho interno, assegurando que a empresa permaneça flexível e pronta para se adaptar a mudanças (POTTER, 1986)

Os fatores que impactam a sobrevivência das empresas em mercados altamente competitivos estão intimamente relacionados à forma como as organizações planejam estrategicamente suas operações e como desenvolvem objetivos de longo prazo. Infelizmente, muitas empresas não contemplam adequadamente os sistemas de produção em seus planejamentos estratégicos, se concentrando predominantemente em áreas como marketing e finanças, onde acreditam que os resultados práticos serão percebidos de forma mais imediata e significativa.

Para que um sistema de produção se destaque, é fundamental que ele esteja alinhado com a estratégia geral da empresa. Isso significa que a produção deve não apenas atender à demanda do mercado, mas também estar preparada para responder rapidamente a alterações nas preferências dos consumidores, aumentando a flexibilidade e minimizando o tempo de resposta às mudanças. Uma abordagem integrada que leve em conta a interdependência das áreas funcionais, como marketing, finanças e logística, é essencial para maximizar a eficiência e a competitividade. (PARENTE e BARKI, 2014).

Além disso, a adoção de tecnologias emergentes, como a automação e a análise de dados, pode transformar positivamente os sistemas de produção, permitindo um controle mais preciso sobre os custos, a qualidade e o tempo de produção. Essa otimização tecnológica não apenas ajuda a reduzir gastos, mas também a melhorar a qualidade do produto, aumentando a satisfação do cliente e a participação no mercado. Portanto, as empresas precisam adotar uma visão holística de seus sistemas de produção, investindo em melhorias contínuas e inovação, para assegurar sua posição competitiva no mercado em evolução.

2.1 Planejamento Estratégico e Estratégia Produtiva

O planejamento estratégico desempenha um papel crucial na busca pela maximização dos resultados operacionais e pela minimização dos riscos que envolvem as decisões empresariais. É um componente fundamental para garantir a eficácia e a sustentabilidade da empresa em um ambiente de negócios em constante mudança. As consequências desse planejamento são de longo prazo e exercem uma influência significativa sobre a natureza e as características das empresas, assegurando que a realização de sua missão seja efetivamente alcançada. Para que um planejamento estratégico seja considerado eficaz, a empresa deve compreender claramente os limites de suas capacidades e habilidades em relação ao ambiente externo, de modo a criar vantagens competitivas em relação aos concorrentes e aproveitar todas as oportunidades que surgirem. Em resumo, o planejamento estratégico é o processo de estabelecimento de condições que permitem à empresa agir rapidamente diante de oportunidades e ameaças, otimizando suas vantagens competitivas no mercado e garantindo sua continuidade e relevância ao longo do tempo (TUBINO, 2000).

2.1.1 Níveis de Planejamento Estratégico

Após a definição da missão corporativa, existem três níveis hierárquicos nas empresas onde as estratégias de planejamento são desenvolvidas e implementadas: o nível corporativo, o nível das unidades de negócios e o nível funcional. (POTTER, 1986)

1. **Nível Corporativo:** Este nível estabelece estratégias de alcance global. Aqui, a alta administração define as áreas de negócios em que a empresa irá operar, determinando a organização e a alocação dos recursos necessários ao longo do tempo. Este processo envolve decisões de grande impacto que não podem ser descentralizadas, a fim de garantir coesão entre as diferentes áreas e alinhamento com os objetivos estratégicos gerais da empresa. Por exemplo, uma empresa que atua em diversos países pode optar por focar em mercados emergentes, alocando recursos para pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos que atendam às necessidades específicas desses consumidores.
2. **Nível das Unidades de Negócios:** Este nível é uma subdivisão do corporativo e se aplica quando a empresa possui unidades semi-autônomas. Cada unidade possui sua própria estratégia competitiva, que detalha não apenas como compete no mercado, mas também descreve o desempenho esperado. Além disso, este nível inclui as estratégias que os departamentos operacionais, como vendas e produção, devem seguir para manter e fortalecer sua posição competitiva. Por exemplo, uma unidade que fabrica eletrônicos pode desenvolver uma estratégia focada em inovação contínua, assegurando que novos produtos sejam lançados regularmente e atendam às últimas tendências do consumidor.
3. **Nível Funcional:** Este é o terceiro nível, que abrange as políticas operacionais das diversas áreas funcionais da empresa, como recursos humanos, finanças, marketing e produção. O planejamento neste nível garante que haja integração e suporte entre as diferentes estratégias, facilitando a implementação coesa das diretrizes traçadas nos níveis superiores. Por exemplo, as estratégias de marketing devem estar alinhadas com a capacidade de produção da empresa para garantir que a oferta atenda à demanda do mercado, ao mesmo tempo em que se mantém a qualidade e os custos sob controle.

2.1.2 Estratégia Produtiva

No âmbito do sistema de produção, é desenvolvida a estratégia produtiva que define um conjunto abrangente de políticas e diretrizes que sustentam a posição competitiva da unidade de negócios da empresa. Essa estratégia produtiva deve especificar claramente como o sistema produtivo contribuirá para uma vantagem

competitiva sustentável. Elementos críticos dessa estratégia incluem a escolha de tecnologias de produção apropriadas, a definição de processos eficientes, o gerenciamento eficaz das cadeias de suprimento e a implementação de sistemas robustos de controle de qualidade. Cada um desses elementos desempenha um papel vital na eficiência operacional e na capacidade de a empresa se destacar em um mercado competitivo. (BARNEY, 2007)

Uma das decisões mais importantes na formulação da estratégia produtiva é a escolha das tecnologias de produção. A adoção de tecnologias avançadas, como automação, inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT), pode aprimorar a eficiência e reduzir custos, além de aumentar a precisão e a qualidade do produto final. A integração de tecnologias modernas permite que os processos de produção sejam mais fluidos e conectados, facilitando a coleta e análise de dados em tempo real, o que, por sua vez, melhora a tomada de decisões.

Além das tecnologias, a definição de processos eficientes é crucial para minimizar desperdícios e otimizar o uso de recursos. A implementação de metodologias como Lean Manufacturing e Six Sigma pode ajudar as empresas a identificar ineficiências e a estabelecer práticas que aumentem a produtividade e a qualidade. Processos bem definidos e otimizados não apenas melhoram a produção, mas também reduzem o tempo de ciclo, tornando a empresa mais ágil e competitiva.

O gerenciamento da cadeia de suprimento também é um componente essencial da estratégia produtiva. A eficácia na gestão da cadeia de suprimento envolve a coordenação de informações e materiais desde os fornecedores até os consumidores finais. Uma cadeia de suprimento bem gerenciada permite uma resposta mais rápida às mudanças da demanda do mercado e minimiza os custos operacionais. Isso inclui a escolha de fornecedores confiáveis, o planejamento adequado de estoques, a logística eficiente e a capacidade de prever as flutuações na demanda. (BARNEY, 2007)

A implementação de sistemas de controle de qualidade rigorosos é fundamental para garantir que os produtos atendam a padrões elevados, superando as expectativas dos clientes. Isso envolve a realização de inspeções regulares, testes de produtos e a utilização de feedback do cliente para melhorar continuamente os processos e a qualidade do produto. A qualidade não deve ser apenas uma meta; deve ser uma cultura integrada em todos os aspectos das operações de produção.

Uma estratégia produtiva eficaz não se limita apenas à eficiência e ao controle de custos. Ela também envolve a capacidade da empresa de se adaptar rapidamente às mudanças nas demandas do mercado. Isso pode incluir a flexibilidade nos processos de produção para atender a diferentes volumes e variedades de produtos. A capacidade de alterar rapidamente a linha de produção ou ajustar o mix de produtos de acordo com as tendências de mercado, demandas sazonais ou preferências dos consumidores é uma vantagem competitiva importante (MINTZBERG, 2000)

A implementação de métodos ágeis, que permitem uma resposta rápida a novos desafios e oportunidades, é essencial em um ambiente de negócios em constante evolução. Isso pode incluir a adoção de tecnologias que possibilitem a prototipagem rápida e a personalização em massa, permitindo que as empresas ofereçam produtos adaptados às necessidades dos clientes.

2.1.3 Objetivos da Estratégia de Produção

O principal objetivo da estratégia de produção é proporcionar à empresa características produtivas que garantam vantagens competitivas sustentáveis ao longo do tempo (POTTER, 1986). Para alcançar esse objetivo, as empresas devem identificar e priorizar critérios de desempenho relevantes, que serão utilizados como base para a avaliação de sua eficácia. Abaixo, são detalhados os principais critérios que devem ser considerados:

1. **Custo:** Produzir bens e serviços a um custo mais baixo do que a concorrência é fundamental para a estratégia da produção. Isso pode ser alcançado por meio da implementação de práticas de eficiência operacional, como a automação de processos, otimização da utilização de matéria-prima e gestão rigorosa de despesas. A redução de custos não apenas melhora as margens de lucro, mas também possibilita que a empresa ofereça preços mais competitivos no mercado, atraindo assim uma clientela mais ampla. Além disso, um controle de despesas eficaz permite a empresa alocar recursos de maneira mais eficiente, incentivando investimentos em inovações e melhorias tecnológicas.
2. **Qualidade:** Assegurar que os bens e serviços oferecidos atendam a padrões elevados de qualidade é um aspecto crucial da estratégia de produção. Superar as expectativas dos clientes é vital para construir uma reputação de

confiabilidade e para a fidelização. A qualidade do produto influencia diretamente a percepção do cliente sobre a marca, impactando assim a satisfação do consumidor e a lealdade. Para garantir altos padrões de qualidade, as empresas podem adotar sistemas de controle de qualidade sistemáticos, auditorias regulares e o feedback contínuo dos clientes para promover melhorias. A implementação de metodologias como Total Quality Management (TQM) ou a certificação ISO são exemplos de práticas que podem ser integradas a essa estratégia.

3. Desempenho de Entrega: A capacidade de garantir que os prazos de entrega sejam confiáveis e rápidos é essencial para maximizar a satisfação do cliente e aumentar a lealdade à marca. A eficiência na logística e na distribuição é crucial para o sucesso da estratégia de produção, pois atrasos podem levar à insatisfação do cliente e à perda de confiança na empresa. Para melhorar o desempenho de entrega, as empresas devem investir na otimização da cadeia de suprimento, incluindo a escolha estratégica de parceiros logísticos e a utilização de tecnologias de rastreamento e gestão de estoque em tempo real. Além disso, a capacidade de planejar e prever a demanda com precisão é fundamental para garantir que os produtos estejam disponíveis para entrega no momento certo.
4. Flexibilidade: Desenvolvimento da capacidade de responder rapidamente a mudanças nos padrões de demanda do mercado ou em condições operacionais é um componente crítico da estratégia produtiva. Isso inclui a habilidade de ajustar rapidamente a produção com base em novas informações de mercado, alocar recursos de maneira eficiente e diversificar a oferta de produtos para atender às novas exigências. A flexibilidade é especialmente relevante em ambientes de negócios voláteis, onde as preferências dos consumidores podem mudar rapidamente. A implementação de sistemas de produção adaptáveis, como a produção sob demanda (*just-in-time*) ou a personalização em massa, permite que as empresas se ajustem rapidamente às exigências do mercado, mantendo a competitividade.

Nesta perspectiva, encontrar o mix ideal de produtos e processos que permita à empresa não apenas competir efetivamente, mas também se destacar em relação à concorrência, é um aspecto fundamental da estratégia de produção. A pesquisa

operacional (PO) emerge como uma ferramenta importante nesse contexto, proporcionando métodos analíticos para otimizar processos, melhorar a eficiência e apoiar a tomada de decisões informadas. A PO permite que as empresas simulem diferentes cenários de produção, analisem *trade-offs* entre custo, qualidade e prazo de entrega, e desenvolvam soluções que se alinhem com seus objetivos estratégicos globais.

Além disso, integrar a estratégia de produção ao planejamento estratégico geral da empresa ajuda a garantir que todos os departamentos estejam alinhados em direção a objetivos comuns (MINTZBERG, 2001). A colaboração entre setores, como vendas, marketing e desenvolvimento de produtos, é essencial para criar um ciclo virtuoso onde as decisões de produção são informadas por insights de mercado e tendências emergentes. Isso não apenas aumenta a eficácia operacional, mas também fortalece a posição da empresa em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico.

3. PESQUISA OPERACIONAL

3.1 Introdução

De acordo com Hieller(2015), a pesquisa operacional (PO) é uma disciplina que utiliza modelos, métodos analíticos e técnicas matemáticas para ajudar na tomada de decisões em problemas complexos. Originada durante a Segunda Guerra Mundial, a PO visa otimizar processos, recursos e resultados em diversos contextos, desde indústrias até serviços e sistemas sociais. Para entender os fundamentos da pesquisa operacional, é fundamental explorar seus conceitos principais, metodologias e aplicações.

Os pilares da pesquisa operacional podem ser resumidos em três elementos principais: modelagem, análise e solução. A modelagem é o primeiro passo no processo da PO, onde um problema do mundo real é representado por meio de um modelo matemático. De acordo com Taha (2017), um modelo é uma simplificação da realidade que permite entender e prever comportamentos de sistemas complexos. A escolha do modelo adequado é crucial, pois ele deve capturar as principais características do problema sem se tornar excessivamente complexo.

Após a modelagem, o próximo passo é a análise do modelo, que envolve a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para compreender o

comportamento do sistema e suas variáveis. Técnicas comuns incluem programação linear, programação inteira, simulação e teoria dos jogos. Embora a programação linear seja uma das metodologias mais utilizadas, cada técnica tem sua aplicação específica conforme a natureza do problema apresentado (HILLIER & LIEBERMAN, 2015).

A solução é a etapa final, onde se buscam as melhores alternativas baseadas na análise realizada anteriormente. Essa etapa frequentemente utiliza softwares especializados para encontrar soluções ótimas em problemas complexos. O uso de algoritmos e ferramentas computacionais é essencial neste passo, visto que muitas situações envolvem um grande número de variáveis e restrições que seriam impossíveis de se resolver manualmente. Segundo (HILLIER & LIEBERMAN, 2015), a evolução da tecnologia tem ampliado as fronteiras da pesquisa operacional, permitindo resolver problemas que anteriormente eram considerados intratáveis.

A pesquisa operacional é aplicada em diversas áreas, incluindo manufatura, logística, finanças, saúde e telecomunicações. Por exemplo, nas cadeias de suprimento, a PO pode otimizar o transporte e a distribuição de produtos, minimizando custo e tempo de entrega. No setor de saúde, a pesquisa operacional pode auxiliar na alocação de recursos, como leitos hospitalares e equipes médicas, melhorando a eficácia do atendimento (KRAJEWSKI et al., 2013).

A interdisciplinaridade da pesquisa operacional é um de seus aspectos mais relevantes, uma vez que combina conhecimentos de matemática, estatística, ciência da computação, economia e ciências sociais. Essa abordagem multifacetada permite uma análise abrangente e uma melhor compreensão dos problemas, levando a soluções mais eficazes e inovadoras. A pesquisa operacional, portanto, não é apenas uma técnica, mas uma filosofia de resolver problemas que busca melhorar a tomada de decisões nas organizações.

3.2 Definição do Problema e Coleta de Dados

Na prática, muitos problemas enfrentados por equipes de Pesquisa Operacional (PO) são apresentados de maneira vaga e imprecisa. Assim, a primeira tarefa da equipe é estudar o sistema em questão para desenvolver uma formulação clara e precisa do problema. Essa definição envolve a identificação dos objetivos relevantes, restrições, interações com outras áreas da organização, alternativas

disponíveis e os prazos para a tomada de decisão. A definição apropriada do problema é crucial, pois determina a relevância das conclusões e a eficiência das soluções propostas. Um problema mal definido resulta frequentemente em respostas insatisfatórias. (ARENALES, 2015)

A equipe de PO atua na qualidade de consultores, realizando análises detalhadas que culminam em recomendações à gerência. No relatório, a equipe geralmente apresenta uma série de alternativas, considerando diversas suposições e diferentes intervalos de valores de parâmetros que a gerência deve avaliar, como o *trade-off* entre custo e benefício. Assim, é vital que a equipe de PO esteja sintonizada com a gerência, entendendo a perspectiva dela e envolvendo-a no processo, a fim de garantir o suporte necessário ao longo do projeto.

De acordo com Loesch(2012), Identificar objetivos apropriados é um aspecto fundamental na definição do problema. Para isso, é necessário compreender quem são os principais decisores e sondar suas opiniões quanto aos objetivos. É importante envolver esses decisores desde o início para garantir seu apoio durante a implementação do estudo. A PO, por natureza, se preocupa com o bem-estar da organização como um todo, buscando soluções ótimas ao invés de subotimizações que beneficiem apenas certas partes.

Embora a maximização de lucros a longo prazo possa ser um objetivo viável para organizações com fins lucrativos, muitas vezes ele não é adotado de forma isolada. A prática mostra que a gerência tende a buscar lucros satisfatórios combinados com outros objetivos, como estabilidade de lucros, aumento da fatia de mercado, diversificação de produtos e melhorias no moral dos trabalhadores. Esses diversos objetivos podem ser inter-relacionados, mas seu entendimento e avaliação não são triviais, e é preciso considerar esses fatores em um contexto mais amplo.

Além dos objetivos financeiros, as empresas também enfrentam responsabilidades sociais, que incluem a consideração das partes interessadas, como acionistas, empregados, clientes, fornecedores e a sociedade em geral. Cada uma dessas partes tem expectativas e contribuições únicas para a empresa. Portanto, a gerência deve equilibrar a geração de lucros com essas obrigações sociais, um desafio que se intensifica nas corporações internacionais, onde práticas socialmente responsáveis são ainda mais esperadas.

No que diz respeito à coleta de dados, as equipes de PO normalmente investem considerável tempo para reunir informações relevantes sobre o problema.

Esses dados são essenciais tanto para um entendimento profundo do sistema em questão quanto para a elaboração do modelo matemático que será utilizado. No entanto, é comum que os dados não estejam disponíveis de imediato, seja porque não foram armazenados ou por estarem desatualizados.

Nesse contexto, pode ser necessário implementar um sistema de informações gerenciais que permita a coleta contínua e organizada de dados. Para isso, a equipe de PO precisará contar com o apoio de diversas partes interessadas dentro da organização. Mesmo com esse esforço, a qualidade dos dados pode variar, frequentemente consistindo em estimativas baseadas em conjecturas.

As equipes de PO também enfrentam um desafio crescente relacionado à quantidade massiva de dados disponíveis atualmente. Com o aumento do uso de bancos de dados, pode ser difícil localizar as informações relevantes. A sobrecarga de dados torna essencial a utilização de técnicas como *data mining*, que ajudam a identificar padrões e informações úteis, facilitando a tomada de decisões.

Em resumo, a definição clara do problema e a coleta de dados precisos são etapas fundamentais na pesquisa operacional. Ambas influenciam diretamente a eficácia das soluções e a relevância das propostas apresentadas, destacando a importância de um entendimento profundo do contexto organizacional e das necessidades reais da gerência.

3.3 Modelagem matemática

Os Modelos matemáticos são úteis para abstrair a complexidade dos sistemas do mundo real, traduzindo-os em representações que podem ser manipuladas analiticamente ou computacionalmente. Com isso, é possível simular diferentes cenários, testar alternativas e encontrar a solução mais eficiente para um dado problema. (ABENSUR, 2018)

3.3.1 Definição de Modelo Matemático

Um modelo matemático de acordo com Abensur (2018) é uma representação quantitativa de um problema que é expresso através de equações e inequações. Os componentes principais de um modelo matemático incluem:

Variáveis de decisão: As quantidades que o modelo busca determinar. No contexto de otimização, essas variáveis representam as opções disponíveis ao tomador de decisão.

Função objetivo: Uma expressão matemática que quantifica o desempenho do sistema ou o valor a ser maximizado ou minimizado. Por exemplo, em problemas de produção, a função objetivo pode ser maximizar o lucro ou minimizar os custos.

Restrições: Condições que delimitam as opções das variáveis de decisão. Restrições podem incluir limitações de recursos, capacidade de produção e requisitos de demanda, e são geralmente expressas como equações ou desigualdades.

Os modelos matemáticos desempenham um papel crucial em diversos aspectos da pesquisa operacional:

Abstração: Eles permitem simplificar problemas complexos, concentrando-se nos elementos mais relevantes, o que facilita a análise e a solução.

Simulação: Modelos matemáticos possibilitam a simulação de diferentes cenários, ajudando tomadores de decisão a entender as implicações de várias alternativas antes de implementá-las.

Otimização: Através de modelos matemáticos, é possível encontrar a solução ótima para problemas complexos, utilizando algoritmos como o Método Simplex, métodos de pontos interiores e técnicas de programação inteira.

Tomada de decisões informadas: Com uma representação clara do problema, os modelos ajudam os tomadores de decisão a avaliar as alternativas de maneira quantitativa, fundamentando escolhas estratégicas.

3.3.2 Métodos de Resolução de Modelos Matemáticos

Existem diversos métodos para resolver modelos matemáticos, com destaque para os seguintes: (ABENSUR, 2018)

Programação Linear: A programação linear é uma das técnicas mais conhecidas e utilizadas na pesquisa operacional. Utiliza algoritmos como o Método Simplex para resolver problemas onde a função objetivo e as restrições são lineares. O Método Simplex itera através de soluções básicas viáveis até encontrar a solução ótima, movendo-se ao longo dos vértices de uma região poligonal que representa as possíveis soluções do problema

Programação Inteira: A programação inteira é uma variante da programação linear em que algumas ou todas as variáveis de decisão são restritas a valores inteiros. Isso é comum em contextos onde a divisibilidade das variáveis não é prática, como na alocação de pessoal ou na produção de produtos. Técnicas para resolver problemas de programação

3.4 Métodos e técnicas da pesquisa operacional

3.4.1 Programação linear

O desenvolvimento da programação linear é considerado um dos mais significativos avanços científicos do século XX, com um impacto extraordinário desde 1950. Tornou-se uma ferramenta padrão que economizou significativas quantias de dinheiro para empresas em países industrializados e se espalhou rapidamente para outros setores da sociedade. Hoje, a maior parte da computação científica é dedicada à programação linear, e a literatura sobre o tema, incluindo textos e artigos, é vasta e crescente. (ARENALES, 2015)

A programação linear destina-se a resolver problemas de alocação de recursos limitados para atividades que competem entre si. O problema genérico envolve selecionar níveis de atividades que competem por recursos escassos, determinando assim, quanto de cada recurso será consumido. Essa descrição aplica-se a uma variedade de situações, desde alocação de recursos de produção até planejamento agrícola e seleção de portfólios.

Em termos técnicos, a programação linear utiliza um modelo matemático onde todas as funções são lineares. O termo "programação" refere-se ao planejamento de atividades para alcançar um resultado ótimo, ou seja, o melhor objetivo possível entre alternativas viáveis. Embora a alocação de recursos seja a aplicação mais comum, qualquer problema que se encaixe no formato de programação linear é considerado um problema de programação linear. (ARENALES, 2015)

Na programação linear, a função objetivo e as restrições do modelo são expressas por funções lineares, e as variáveis de decisão devem ser contínuas, ou seja, podem assumir valores em um intervalo de números reais. O objetivo é maximizar ou minimizar a função linear relacionada a essas variáveis, respeitando um conjunto de restrições lineares, incluindo a não negatividade das variáveis de decisão.

Depois que o modelo matemático é formulado, a próxima etapa é encontrar a solução ótima, que é o valor máximo ou mínimo da função objetivo, sujeito às restrições impostas. O método Simplex, desenvolvido por George B. Dantzig em 1947, é o algoritmo mais reconhecido para essa finalidade.

Embora a programação linear seja uma ferramenta poderosa, ela não é isenta de desafios. A modelagem de problemas complexos pode ser difícil, especialmente quando as relações não são estritamente lineares ou quando a incerteza está presente no modelo. Além disso, a disponibilidade e a qualidade dos dados necessários para construir o modelo também podem impactar a efetividade da solução.

3.4.2 Programação inteira

A programação inteira (PI) é uma técnica fundamental dentro da pesquisa operacional que é usada para otimizar problemas em que as variáveis de decisão devem assumir valores inteiros. Essa abordagem é essencial em diversas aplicações práticas, principalmente quando a solução do problema não pode ser fracionada, como na alocação de recursos humanos, na programação de veículos e na gestão de estoques (ABENSUR, 2018). A importância da programação inteira se destaca nas situações em que a divisibilidade das variáveis não corresponde à realidade do problema em questão. Os problemas de programação inteira podem ser classificados em três categorias principais:

Programação Inteira Total: Todas as variáveis de decisão são restringidas a valores inteiros. Por exemplo, no planejamento da força de trabalho de uma empresa, o número de funcionários deve ser um número inteiro.

Programação Inteira Mista: Apenas algumas das variáveis são restringidas a valores inteiros, enquanto outras são permitidas a assumir valores contínuos. Por exemplo, numa fábrica que produz produtos, pode-se modelar a quantidade de cada produto inteiramente, mas permitir que a quantidade de recursos, como tempo de máquina, seja contínua.

Programação Binária: Um caso especial de programação inteira, onde as variáveis de decisão podem assumir apenas dois valores: 0 ou 1. Este tipo de modelagem é frequentemente utilizado em problemas de seleção, como a escolha de projetos a serem financiados.

Resolver problemas de programação inteira pode ser mais desafiador do que resolver problemas de programação linear, devido à natureza discreta das variáveis. No entanto, existem técnicas eficientes para alcançar soluções, sendo as principais:

Branch and Bound: Esta técnica envolve dividir o problema em subproblemas menores (branch) e calcular um limite superior ou inferior para a solução (bound). O processo continua até que todas as possibilidades tenham sido exploradas ou até que um nível aceitável de solução seja alcançado.

Branch and Cut: Uma extensão do método Branch and Bound, onde cortes adicionais são adicionados ao problema para eliminar soluções inviáveis, aumentando a eficiência do algoritmo.

Algoritmos Genéticos: Métodos inspirados na teoria da evolução que utilizam seleção, cruzamento e mutação para explorar soluções possíveis em um espaço de solução.

Gestão de Estoque: Para determinar quantidades otimizadas que devem ser mantidas em estoque, que não podem ser fracionadas.

Embora a programação inteira seja uma ferramenta poderosa, existem desafios associados à sua aplicação. A complexidade computacional é um dos principais obstáculos, já que muitos problemas de programação inteira são difíceis, fazendo com que o tempo necessário para encontrar soluções aumente rapidamente com a adição de novas variáveis e restrições.

Outro desafio é a qualidade dos dados utilizados na modelagem do problema. Dados imprecisos ou incompletos podem levar a soluções ruins ou até inviáveis. Portanto, a coleta e a validação rigorosa de dados são essenciais para garantir a precisão do modelo.

3.4.3 Simplex e Solver

De acordo com Cardoso (2011), o método Simplex se destaca como uma técnica poderosa que aplica equações matemáticas para proporcionar soluções precisas a problemas de programação linear. Esse procedimento é delineado por parâmetros específicos que não apenas orientam a escolha de soluções otimizadas, mas também permitem a realização de testes de otimização que são cruciais para a determinação da viabilidade das soluções propostas. Com o método Simplex, é

possível avaliar se um problema apresenta uma solução limitada, se possui infinitas soluções, ou se, em algumas situações, não possui solução viável alguma. Essas características não apenas asseguram a eficácia do método, mas também viabilizam a implementação de soluções rápidas e eficientes, possibilitando a resolução de problemas complexos que envolvem centenas de variáveis de decisão de maneira eficaz.

A eficiência do método Simplex tem sido um tópico de intenso estudo e pesquisa desde sua introdução, conforme afirmam (ARENALES et al, 2005). Eles destacam que, apesar de o número de iterações necessárias para se chegar a uma solução ótima poder ser considerável, as regras de convergência do método frequentemente produziam resultados considerados satisfatórios para os padrões da época. Além de um conjunto de relatos, muitos dos quais eram informais e não publicados, sobre a eficiência desse método na resolução de problemas práticos, resultou na formação do que é conhecido como “folclore do método Simplex.” Esse conceito sugere que, na prática, o número de iterações exigidas para a convergência tende a se comportar como um polinômio de grau baixo em relação ao número de restrições envolvidas.

De acordo com Belfiore e Favero (2013), o algoritmo Simplex opera em diversas etapas fundamentais que estruturam seu funcionamento. Inicialmente, é necessário que o problema seja formulado em sua forma padrão. Em seguida, no Passo 1, a equipe deve encontrar uma solução básica viável inicial para o problema de programação linear. Esta solução inicial é frequentemente obtida definindo zeros para as variáveis de decisão, mas é essencial respeitar a condição de que nenhuma restrição deve ser invalidada. O Passo 2 envolve o teste de otimalidade: uma solução básica viável é considerada ótima quando não existem alternativas melhores disponíveis entre as soluções factíveis. Neste ponto, uma solução adjacente pode ser qualificada como melhor quando proporciona um aumento positivo na função objetivo.

Embora o método Simplex seja robusto e eficaz, é importante reconhecer que os modelos gerados podem ser complexos e demorados para resolver. Além disso, como qualquer técnica analítica, estão sujeitos a erros humanos durante a formulação e execução do modelo. Neste contexto, a introdução de computadores trouxe uma revolução para a aplicação da programação linear, transformando problemas estratégicos de longo prazo em questões operacionais de curto prazo, como afirmam Silveira, Lavratti e Benito (2004).

Além disso, Silveira, Lavratti e Benito (2004) ressaltam a importância de um instrumento desenvolvido para facilitar a implementação do Método Simplex em planilhas eletrônicas. Este instrumento é conhecido como Solver, um suplemento disponível para Microsoft Excel. O Solver é projetado para encontrar a alocação mais eficiente de recursos escassos, desta forma as organizações podem determinar não apenas a quantidade ideal de cada produto a ser fabricado, mas também como esses produtos devem ser distribuídos.

A integração Solver e Microsoft Office Excel, é capaz de resolver problemas de programação linear, não linear e inteira em menor escala, definindo a solução ótima de um modelo de programação linear utilizando o algoritmo Simplex (Baron, 2017). Essa acessibilidade, combinada com sua versatilidade, torna o Solver uma ferramenta extremamente valiosa para profissionais em diversas áreas que buscam otimizar processos e recursos em suas operações. Em um ambiente empresarial onde a agilidade e a eficiência são fundamentais, a capacidade de modelar e resolver problemas complexos de forma rápida e precisa é, sem dúvida, um diferencial competitivo.

4. MIX PRODUTIVO

Ao explorar o setor varejista e suas estratégias de gestão, a administração de mercadorias aparece como um aspecto central e crucial. Segundo Potter (1986), essa gestão integra os princípios que orientam as decisões dos varejistas em relação ao mix de produtos que disponibilizam.

Devido à sua natureza estratégica, a gestão de mercadorias é influenciada por diversas decisões, incluindo a definição do público-alvo, a construção da imagem e do posicionamento desejados, a escolha dos fornecedores com base em sua capacidade de entrega e as características dos produtos a serem oferecidos.

Portanto, a atenção do varejista deve ir além do mix de produtos físicos, abrangendo uma variedade de fatores contextuais. O mix de produtos é definido por Potter (1986) como “o conjunto de todas os produtos oferecidas”. Parente e Barki (2014) complementam essa definição, afirmando que a composição do mix depende da vantagem competitiva que a empresa busca, mantendo consistência com outras variáveis do mix do segmento, como localização, preço, comunicação e apresentação.

Gerir eficazmente o mix de produtos envolve a execução de decisões táticas que, conforme apontam Parente e Barki (2014), podem incluir a introdução ou exclusão de produtos, modificações na variedade e o agrupamento de lojas. Potter (1986) ressalta que, ao decidir quais produtos integrar ao mix, é vital considerar fatores relacionados ao produto em si, ao mercado, às marcas e à cadeia de suprimentos.

As considerações sobre o produto devem abranger aspectos como lucratividade, compatibilidade com o mix (por exemplo, se devem existir produtos substitutos, complementares ou relacionados), e atributos do produto (incluindo relações entre dimensão e preço, padronização, necessidade de serviços auxiliares, métodos de venda e qualidade).

No que diz respeito às considerações de mercado, pode-se incluir o posicionamento do varejista no setor, o ciclo de vida do produto em questão, as tendências de moda, a adequação ao público-alvo, o estilo de vida dos consumidores e a concorrência. Esses fatores são importantes para definir a estratégia do mix de produtos.

Quando se trata das marcas a serem selecionadas, o varejista pode optar por marcas de fabricantes, marcas próprias, produtos genéricos, itens sem marca e licenciamentos. Além disso, as questões relacionadas ao suprimento devem considerar a confiabilidade e a disponibilidade dos fornecedores, fatores que impactam diretamente a eficiência operacional.

Além do mix de produtos, os serviços oferecidos pelo varejista também são uma variável fundamental que deve ser cuidadosamente gerida. De acordo com Potter (1986), os serviços podem ser classificados em serviços ao consumidor e serviços utilitários. Os serviços ao consumidor impactam diretamente a percepção de valor do produto final que o cliente recebe, enquanto os serviços utilitários são cruciais para o funcionamento eficaz do varejo, incluindo aspectos como segurança, limpeza, manutenção das instalações e adequação da iluminação.

Os serviços ao consumidor têm objetivos específicos que visam aumentar a utilidade do produto de diversas maneiras. Esses objetivos podem incluir a adição de utilidade (como o ajuste de roupas, montagem de móveis ou instalação de eletrônicos), a facilitação da utilidade temporal (por exemplo, horários de atendimento estendidos e múltiplas opções de pagamento) e a ampliação da utilidade espacial (como o serviço de entrega).

Potter (1986), também argumenta que a imagem do estabelecimento pode ser fortalecida pela variedade de serviços oferecidos, uma vez que um portfólio mais amplo de serviços pode aumentar a percepção de que o varejista proporciona uma experiência completa ao cliente. Exemplos disso incluem medidas de segurança para os clientes, como vigilância no estacionamento e áreas designadas para primeiros socorros.

Por fim, a criação de espaços destinados à exposição e venda de produtos e serviços que não estejam diretamente relacionados ao mix principal de produtos pode não apenas expandir as oportunidades de venda, mas também aumentar o fluxo de clientes para a loja. Essa abordagem holística na gestão do mix de produtos e serviços é essencial para o sucesso organizacional, especialmente em um mercado varejista cada vez mais competitivo e dinâmico. Ao adotar essa estratégia, os varejistas podem não apenas melhorar sua eficiência operacional, mas também proporcionar melhores experiências de compra para seus clientes, resultando em maior fidelização e satisfação do consumidor."

5. CONCLUSÃO

Em um ambiente industrial em constante evolução, o mix de produção emerge como um fator determinante para o sucesso das empresas. A flexibilidade e a otimização desse mix não apenas garantem uma resposta ágil às demandas de um mercado dinâmico, mas também contribuem para a eficiência operacional e a sustentabilidade financeira. Ao priorizar a produção de itens que oferecem maior retorno e ao minimizar desperdícios, as organizações não apenas melhoram suas margens de lucro, mas também alinham suas operações com as práticas de responsabilidade ambiental, favorecendo a construção de uma reputação positiva junto a consumidores cada vez mais conscientes sobre as questões ecológicas.

A implementação de ferramentas como a Pesquisa Operacional (PO) desempenha um papel crucial nesse processo, permitindo uma análise mais profunda e embasada na tomada de decisões. Essa abordagem analítica aprimora a capacidade das empresas de identificar soluções que não apenas atendem às exigências do mercado, mas que também respeitam as limitações de custo e as expectativas de qualidade dos consumidores. A pesquisa operacional possibilita

simulações de cenários variados e a avaliação de *trade-offs*, equipando os gestores com informações relevantes para embasarem suas estratégias.

Além disso, o alinhamento do planejamento estratégico com as operações de produção é essencial para que as empresas se mantenham competitivas frente aos desafios da globalização e da rápida mudança nas preferências do consumidor. À medida que a economia global se torna mais interdependente e competitiva, o desenvolvimento de uma abordagem integrada de planejamento que considere as interrelações entre diferentes departamentos se torna imperativo. A inovação e a adaptação contínua, impulsionadas por tecnologias emergentes como automação, inteligência artificial e análise de dados, devem ser incorporadas à cultura organizacional. Assim, as empresas estarão mais bem preparadas para responder proativamente às imposições do cenário de negócios que se altera rapidamente, além de criar um ambiente propício à inovação constante.

Em síntese, a gestão eficiente do mix de produção, suportada por decisões estruturadas e estratégias dinâmicas, não apenas é vital para a sobrevivência das empresas, mas também representa um diferencial competitivo em um mercado cada vez mais exigente e complexo. A adoção de uma visão holística e integrada nas operações produtivas não somente permitirá o crescimento sustentável das empresas, mas também a construção de relacionamentos duradouros com seus clientes. Tal abordagem focada no cliente resulta em uma maior lealdade e satisfação, criando um ciclo virtuoso que beneficia não apenas a empresa, mas todo o ecossistema econômico em que está inserida.

Por fim, promover o desenvolvimento sustentável deve ser uma área de atenção prioritária, visto que os consumidores atuais não apenas demandam produtos de qualidade, mas também buscam marcas que demonstrem responsabilidade social e ambiental. Assim, as empresas que reconhecerem e integrarem essas expectativas em suas operações estarão mais bem posicionadas para prosperar, contribuindo simultaneamente para o bem-estar social e ambiental. Esse compromisso com a responsabilidade e a eficiência consolidará sua posição no mercado, transformando desafios em oportunidades para um futuro mais próspero e consciente.

ABSTRACT

This article examines the importance of production mix in the performance of manufacturing environments, highlighting its relevance in an increasingly dynamic and competitive industrial context. Flexibility in product combinations is essential to meet market demands swiftly, while optimization of the mix contributes to operational efficiency and waste minimization. Prioritizing products that offer higher financial returns, aligned with sustainable practices, reinforces the need for effective management of the productive mix. Operational research (OR) is presented as an essential tool to support decision-making and the development of a structured decision-making process. The integration of strategic planning with production operations, along with the OR philosophy, becomes crucial for companies to maintain their competitiveness in a global landscape that imposes constant changes in consumer preferences. Innovation, driven by emerging technologies, should be incorporated into the organizational culture, allowing companies to respond proactively to new market demands.

Keywords: Production; Operational Research; Innovation; Optimization.

REFERÊNCIAS

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2001

CARDOSO, A. **Fundamentos da Pesquisa Operacional**. Minas Gerais: UNIFAL, 2011

HIELLER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9^a. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

PORTER, Michael: **Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**, 1ª edição, Rio de Janeiro, editora Campos, 1986

PARENTE, J.; BARKI, E. **Varejo no Brasil: gestão e estratégia**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

TAHA, Hamdy A. **Operations Research An Introduction**. Pearson Education Limited, 2017.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000