

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

BRUNO LUIS LUCARELO LAMONATO

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE EXPANSÃO DE UMA HAMBURGUERIA
DELIVERY: UMA ABORDAGEM DE SIMULAÇÃO PARA IDENTIFICAR E EVITAR
FUTUROS PROBLEMAS.

BAURU
2023

BRUNO LUIS LUCARELO LAMONATO

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE EXPANSÃO DE UMA HAMBURGUERIA
DELIVERY: UMA ABORDAGEM DE SIMULAÇÃO PARA IDENTIFICAR E EVITAR
FUTUROS PROBLEMAS.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Produção - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Martins Ikeziri

BAURU
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

L234a Lamonato, Bruno Luis Lucarelo

Análise de cenários de expansão de uma hamburgueria delivery: uma abordagem de simulação para identificar e evitar futuros problemas / Bruno Luis Lucarelo Lamonato. -- 2023.
24f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Martins Ikeziri

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Gestão de Operações em Delivery. 2. Teoria das Restrições. 3. Simulação Baseada em Agentes. 4. Crescimento Estratégico. 5. Capacidade Produtiva. I. Ikeziri, Lucas Martins. II. Título.

Elaborado por Lidiane Silva Lima - CRB-8/9602

BRUNO LUIS LUCARELO LAMONATO

ANÁLISE DE CENÁRIOS DE EXPANSÃO DE UMA HAMBURGUERIA
DELIVERY: UMA ABORDAGEM DE SIMULAÇÃO PARA IDENTIFICAR E EVITAR
FUTUROS PROBLEMAS.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Produção - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Lucas Martins Ikeziri (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Me. Thiago Pignatti de Freitas
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Me. Isidoro Rays Filho
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que tenho, por todas as conquistas, por todos os desafios, por nunca me abandonar nos momentos de tristeza e dificuldades.

Dedico esse trabalho aos meus pais, por serem meus pilares e me proporcionarem a chance de estudar, de poder conquistar meus sonhos, de poder correr atrás do que eu quero, por me amarem incondicionalmente e estarem sempre presentes. Sem a ajuda e apoio deles, jamais chegaria aonde estou hoje.

Agradeço a minha irmã e ao meu irmão por serem grandes amigos e estarem sempre ao meu lado, mesmo que as vezes estejamos distantes fisicamente.

Agradeço a minha namorada, por me aceitar como sou e me ajudar a superar as dificuldades que enfrento no meu dia a dia, sempre me incentivando e me apoiando, tornando a minha vida mais feliz e tranquila.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte dessa jornada acadêmica, dedicando suas vidas para nos ensinar e tornar o mundo um lugar melhor. Todos vocês foram essenciais para a minha formação.

Agradeço ao meu professor e orientador, Dr. Lucas Martins Ikeziri, por me acompanhar desde o segundo período da faculdade até a reta final. Sua ajuda, seus estudos e sua expertise foram imprescindíveis para a qualidade e conclusão desse trabalho.

Ao longo desses anos de curso fiz amizades para a vida toda. Me tornei parte de uma turma unida, divertida e, principalmente, de amigos fiéis.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo identificar desafios operacionais em uma hamburgueria delivery diante de um possível aumento significativo na taxa de chegada de pedidos. Foram revisados conceitos sobre a Teoria das Restrições e a Simulação Baseada em Agentes para analisar o impacto desse possível aumento de pedidos na operação da hamburgueria. O método adotado envolveu uma abordagem quantitativa com simulação computacional no software AnyLogic, analisando diferentes cenários de crescimento de demanda. Considerou-se que a capacidade produtiva da hamburgueria é diretamente impactada pela taxa de chegada dos pedidos, sendo a adaptação do roteiro de processamento dos pães para a montagem dos lanches uma solução eficaz para assegurar o cumprimento da meta de tempo de produção de 30 minutos estabelecida pela empresa mesmo nos momentos em que a taxa de chegada dos pedidos é muito alta, visto que essa adaptação elevou a capacidade do recurso restritivo.

Palavras-chave: Gestão de Operações; Teoria das Restrições; Simulação Baseada em Agentes; Crescimento Estratégico; Capacidade Produtiva.

ABSTRACT

The research aimed to identify operational challenges in a delivery burger restaurant in the event of a potential significant increase in order arrival rates. Concepts related to the Theory of Constraints and Agent-Based Simulation were employed to assess the impact of this potential increase in orders on the restaurant's operations. The methodology involved a quantitative approach with computer simulation using the AnyLogic software, analyzing different demand growth scenarios. Considering that the burger restaurant's production capacity is directly impacted by the order arrival rate, adapting the bread processing route to assemble the hamburgers is an effective solution to ensure compliance with the 30-minute production time target by the company even at times when the order arrival rate is very high, as this adaptation increased the capacity of the restrictive resource.

Keywords: Operations Management; Theory of Constraints; Agent-Based Simulation; Strategic Growth; Productive Capacity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	9
3	MÉTODOS	10
3.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA	10
3.2	MAPEAMENTO DO PROCESSO.....	11
3.3	SIMULAÇÃO	12
4	RESULTADOS	17
5	DISCUSSÃO	22
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O serviço de entrega em domicílio é uma tendência em ascensão no setor alimentício, apesar das adversidades do mercado. De acordo com um levantamento da Statista (2023), a receita bruta mundial prevista para esse setor em 2023 é de 923,1 bilhões de dólares americanos, com uma estimativa de crescimento para 1.465,6 bilhões de dólares americanos até 2027.

Diversos fatores têm motivado a população a optar por esse serviço, o que tem impulsionado várias empresas a explorarem essa oportunidade de mercado. Segundo Bezerra et al. (2013), é possível afirmar que o rápido crescimento e expansão exponencial do novo modelo de negócio de entrega de alimentos se deve ao aumento do poder de compra das classes C e D, associado à necessidade de conveniência adicional e à falta de tempo, bem como à melhoria na infraestrutura de telecomunicações e ao baixo custo de smartphones, entre outros fatores. Além das causas mencionadas acima, o contexto da Pandemia de COVID-19 também ajudou a impulsionar as vendas de alimentos via aplicativo, visto que, segundo decretos estaduais, como o Decreto estadual Nº 64.881 de 22 de março de 2020 (SP), os bares e restaurantes foram proibidos de atender no estabelecimento ou então limitados em boa parte.

O crescimento do negócio pode trazer problemas de produção e entrega dos produtos, quebra ou falha em equipamentos, falta de mão de obra e de capacidade produtiva. Para Hirsrich e Peters (2004), a organização pode apresentar diversos indícios de fracasso, dentre os quais se destaca o aumento no número de reclamações dos clientes relacionadas à qualidade e ao cumprimento dos prazos de entrega dos produtos. Portanto, tais exigências trazem a necessidade de identificar possíveis problemas e solucioná-los o quanto antes, para evitar erros que afastem o consumidor e acabem levando a empresa ao fracasso. A teoria das restrições pode ser aplicada para identificar e gerenciar os gargalos, pontos mais fracos ou mais lentos em qualquer processo de produção, que determinam a velocidade máxima e a eficiência do sistema como um todo, o que pode contribuir para mitigar os problemas aqui destacados. Ao ajustar a capacidade de produção ao ritmo do gargalo, evita-se o acúmulo de estoque em processo, sobrecarga desnecessária, quebra de equipamentos e muitos outros problemas.

Conforme Drucker (1999) apud Barreto (2015), a implementação de novas ideias e tecnologias nas empresas requer uma abordagem cuidadosa, que inclui a capacitação dos funcionários e a adoção de equipamentos modernos, visando preparar a empresa para o futuro. É crucial que a implementação seja feita corretamente e com o acompanhamento de um especialista na área. Dessa forma, a estratégia adotada permitirá que a empresa seja proativa em relação às oportunidades que surgirem, em vez de simplesmente reagir às mudanças do mercado.

Segundo North et al. (2013), é fundamental que toda empresa tenha uma visão de futuro clara e que seus planos estejam alinhados a essa visão, uma vez que isso faz uma grande diferença em seu contexto operacional e nas suas relações comerciais. No entanto, um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas é a tendência de continuar fazendo o que sempre fizeram, esperando atingir resultados diferentes. Esse comportamento pode levar a empresa ao declínio ou a uma crise, colocando-a em uma situação de mesmice paralisante.

A simulação de cenários de crescimento é uma ferramenta poderosa para prognosticar o comportamento futuro de um negócio, permitindo a identificação de tendências, padrões e possíveis problemas e essa ferramenta foi utilizada neste

trabalho em conjunto com os conceitos da teoria das restrições. Nesse sentido, esta pesquisa visa responder a seguinte questão: Como formular uma estratégia de expansão da capacidade produtiva de uma hamburgueria frente ao aumento no número de pedidos, considerando a necessidade de reorganizar a infraestrutura, como cozinha e área de montagem?

O objetivo deste trabalho é identificar possíveis problemas que possam surgir em uma hamburgueria delivery perante um aumento expressivo no número de pedidos, utilizando a simulação de cenários de crescimento nas vendas para avaliar ajustes e modificações a fim de propor soluções para os problemas identificados. Para atingir tal objetivo, o software AnyLogic será utilizado para criar modelos de simulação e análise de dados.

Assim, o presente estudo concentrou-se em uma hamburgueria delivery específica, localizada em Bauru-SP, explorando diferentes cenários de crescimento para identificar possíveis problemas em cada um deles. Com base nas informações coletadas, foram propostas soluções para lidar com esses problemas.

Além disso, este trabalho pode servir como um modelo para outras empresas do setor que desejam utilizar a simulação de cenários de crescimento como uma ferramenta para melhorar seu desempenho e se destacar no mercado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, apresenta-se a fundamentação teórica que serviu de base para o desenvolvimento deste trabalho. Discute-se a Teoria das Restrições (Theory of Constraints – TOC), abordando seus principais conceitos e sua aplicação em empresas de serviços, especialmente em negócios de delivery.

2.1 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A TOC é uma abordagem de gestão de processos e resultados que foi desenvolvida por Eliyahu Goldratt e apresentada no livro "The Goal: A Process of Ongoing Improvement", publicado pela primeira vez em 1984 (IKEZIRI et al., 2019). Seu objetivo é ajudar as empresas a identificar e superar as restrições que limitam seu desempenho e produtividade. A TOC é amplamente aplicada em empresas de diversos setores, sendo possível identificar gargalos e pontos críticos do processo de produção, a fim de melhorar a eficiência operacional e aumentar a capacidade produtiva, o que se traduz em produtos com mais qualidade, entregas mais rápidas e, conseqüentemente, no aumento da satisfação dos clientes (SOUZA; IKEZIRI, no prelo).

Conforme descrito por Pozo (2007), a TOC tem uma premissa fundamental onde expõe que todas as empresas possuem ao menos uma restrição considerada crítica, que irá limitar sua capacidade produtiva. A restrição pode ser qualquer elemento existente em um sistema que impeça ou dificulte a obtenção do seu melhor desempenho. As restrições podem ser categorizadas em diferentes tipos: físicas, relacionadas a recursos internos, equipamentos ou capital humano; políticas, envolvendo regulamentações ou diretrizes internas; e de mercado, associadas a fatores externos como demanda e concorrência. Para aumentar a eficiência geral, a TOC propõe os 5 passos de focalização, explicados a seguir (GOLDRATT; COX, 1984):

Passo 1: Identificar a Restrição.

A primeira etapa consiste em identificar a restrição no sistema. Ou seja, identificar o elemento ou fator que está limitando o desempenho do sistema.

Passo 2: Explorar a Restrição.

Na segunda etapa deve-se maximizar a utilização do recurso restritivo em relação à meta. Ou seja, aproveitar ao máximo a capacidade existente na restrição que, frequentemente, é desperdiçada por se produzir e vender os produtos errados ou por não se aproveitar todo o tempo disponível do recurso restritivo. Lembrando que cada minuto desperdiçado no recurso restritivo é tempo perdido em todo o sistema.

Passo 3: Subordinar os demais Recursos à decisão de como explorar a restrição.

A terceira etapa consiste em subordinar todas as outras atividades à decisão de como explorar a restrição. Todas as outras atividades estarão relacionadas dependentes da restrição.

Passo 4: Elevar a Restrição.

Na quarta etapa é necessário elevar a restrição, ou seja, aumentar a capacidade da restrição para um nível mais alto. Tal objetivo pode ser atingido através de modificações em equipamentos existentes para aumentar a capacidade produtiva do mesmo ou pela busca de roteiros de produção alternativos para aliviar a carga do equipamento restritivo.

Passo 5: Se na etapa 4 a Restrição é Quebrada, retorne ao passo 1.

Esta última etapa consiste em evitar que a inércia interrompa o processo de aprimoramento contínuo. É importante lembrar que a restrição é o recurso com menos capacidade e caso essa tenha sido elevada a ponto de ser quebrada, será necessário retornar ao primeiro passo e identificar a nova restrição do sistema.

3 MÉTODOS

Nesta seção, será apresentado o método utilizado para alcançar o objetivo desta pesquisa. Além disso, também serão apresentadas as medidas de avaliação do desempenho e os cenários de possível crescimento nas vendas que foram utilizados. Esta investigação teve como limitação a realização de apenas uma replicação para cada um dos cenários estudados.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem utilizada nessa pesquisa foi a quantitativa de natureza aplicada, que, conforme descrito por Lacerda et al. (2007), busca traduzir o fenômeno em números através da utilização de recursos e técnicas de estatística, valendo-se da simulação computacional para analisar diferentes cenários de crescimento em uma hamburgueria delivery e produzir conhecimentos para a resolução de problemas na prática.

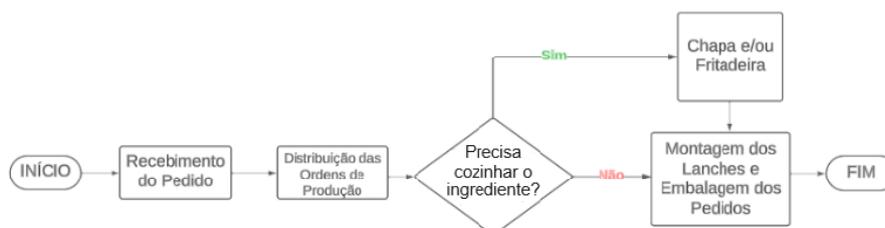
Segundo Bonabeau (2002), a simulação baseada em agentes (SBA) é uma abordagem que utiliza um conjunto de agentes autônomos de tomada de decisão para modelar sistemas complexos. Cada agente avalia individualmente sua situação e toma decisões com base em um conjunto de regras. Esses agentes podem executar vários comportamentos adequados ao sistema que representam, como produzir,

consumir ou vender. As interações competitivas repetitivas entre os agentes são uma característica da simulação baseada em agentes, que depende do poder dos computadores para explorar dinâmicas que estão além do alcance dos métodos matemáticos puros. O software AnyLogic, baseado em modelagem de agentes, destaca-se pela sua capacidade de criar, testar e analisar modelos complexos com interações variadas. Sua versatilidade permite análises detalhadas do comportamento dos sistemas ao longo do tempo e a programação de funções e eventos diversos dentro do modelo, tornando-o uma ferramenta robusta para simulações em ambientes de produção e outras aplicações (RAYS FILHO; SOUZA; IKEZIRI, 2023).

3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Primeiramente, foi feita uma análise para mapear o fluxo do processo de produção dentro da hamburgueria e desenvolver o fluxograma do processo, apresentado na Figura 1. Para a realização do presente estudo, desconsiderou-se as atividades que não estão relacionadas à produção diretamente, como atividades administrativas e entregas, uma vez que essas não estão incluídas no escopo deste trabalho. Para que fosse possível simular diferentes cenários, nos quais a demanda é muito elevada, e medir a utilização dos equipamentos e da infraestrutura da cozinha, também foi necessário desconsiderar qualquer tipo de estoque que não fosse o estoque em processo (*work in process – WIP*), de forma que a oferta de insumos pudesse ser considerada infinita. Para o mesmo fim, desconsiderou-se o tempo de trabalho prévio dos ingredientes, como corte e lavagem de salada, preparo de maionese e outros molhos tornando-os sempre disponíveis, visto que no dia a dia da empresa esses ingredientes são preparados antes do início do turno de trabalho e não tomam tempo dos funcionários, tampouco ocupam a chapa e a fritadeira, dentro do horário de abertura ao público.

Figura 1 – Fluxograma do Processo



Fonte: Autor (2023).

Conforme apresentado na Figura 1, o processo se inicia com o recebimento do pedido, seguido da distribuição das ordens de produção. As ordens de produção dependem diretamente da composição dos produtos e do pedido, ou seja, se houver lanches no pedido, deverão passar pela chapa; caso haja batatas, deverão passar pela fritadeira; e se houver bebidas, deverá ocorrer a separação das bebidas juntamente com o processo de embalagem dos pedidos após a finalização das etapas anteriores.

O recebimento dos pedidos é automático, através de site próprio ou pelo aplicativo iFood, com impressão automática do pedido diretamente na cozinha.

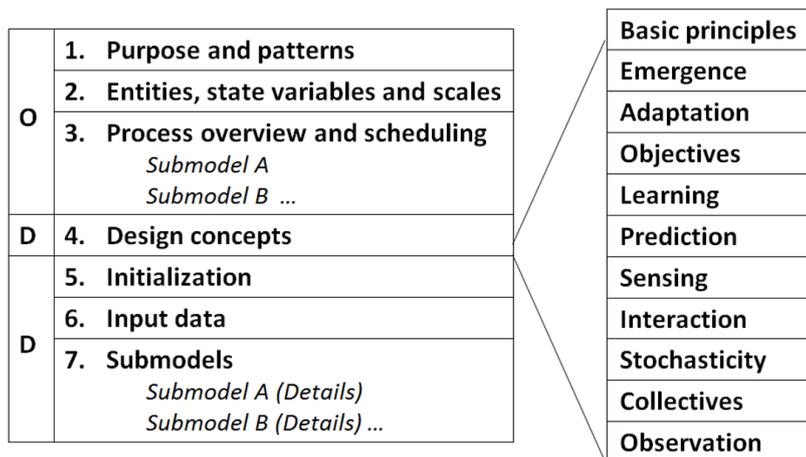
A hamburgueria possui uma chapa, uma fritadeira e uma mesa de montagem. Além disso, também tem dois funcionários sendo que um deverá obrigatoriamente

exercer a função de chapeiro, sendo responsável pela chapa e pela fritadeira e o outro funcionário deverá trabalhar na montagem dos lanches e embalagem (finalização) dos pedidos.

3.3 SIMULAÇÃO

O protocolo ODD (Overview, Design Concepts and Details), esquematizado na Figura 2, foi desenvolvido para descrever, de forma padronizada, os diversos tipos de modelos computacionais baseados em agentes existentes (GRIMM et al., 2006) e foi utilizado neste trabalho. Através da utilização do protocolo, pode-se facilitar a replicabilidade do modelo que foi desenvolvido, visto que o ODD também foi concebido com o objetivo de facilitar a escrita e leitura de modelos baseados em agentes, que, mesmo podendo ter equações e algoritmos, serão traduzidos em textos destinados a serem lidos por seres humanos, em uma abordagem menos técnica e mais dinâmica (GRIMM et al., 2020).

Figura 2 – Protocolo ODD



Fonte: Grimm et al. (2006).

VISÃO GERAL

A visão geral (Overview) engloba 3 aspectos da simulação computacional. São eles: Propósito, Entidades, Variáveis de Estado, Escalas e Visão geral do processo e Programação.

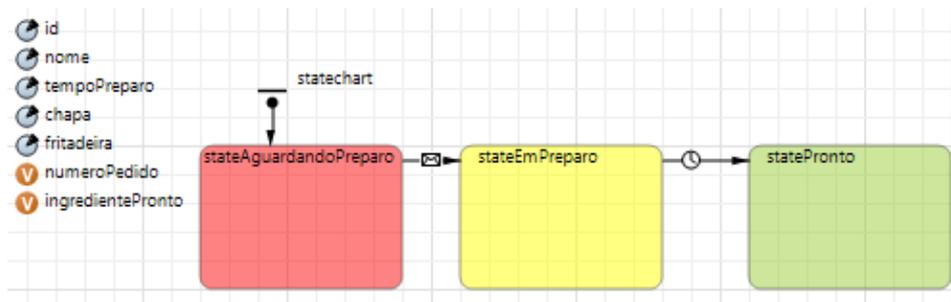
Propósito

O propósito do modelo desenvolvido para esta pesquisa é identificar possíveis gargalos no processo produtivo da hamburgueria, frente a um aumento acentuado no número dos pedidos e na taxa de chegada dos mesmos, dentro do período de um turno de trabalho, para que esses gargalos possam ser solucionados antes mesmo de existirem, e também para que possam ser testadas as mudanças propostas sem envolvimento financeiro, evitando o fracasso nas metas de qualidade, lead time e financeiras da empresa.

Entidades, variáveis de estado e escalas

A entidade Ingrediente está esquematizada na Figura 3 e contém informações sobre o próprio ingrediente, o tempo e a forma de preparo, o estado atual do ingrediente e também o número do pedido ao qual esse ingrediente pertence.

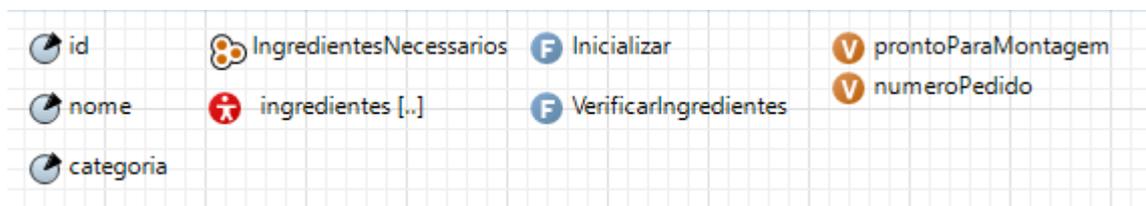
Figura 3 – Entidade Ingrediente.



Fonte: Autor (2023).

Já a entidade Produto, esquematizada na Figura 4, contém informações sobre o próprio produto, os ingredientes que o compõem, a categoria a qual pertence e também possui duas funções: uma para inicialização (preenchimento da população Ingredientes) e outra de verificação dos ingredientes, que verifica se todos os Ingredientes presentes na população estão no estado “statePronto”, retornando “true” caso estejam prontos ou “false” caso não estejam.

Figura 4 – Entidade Produto.

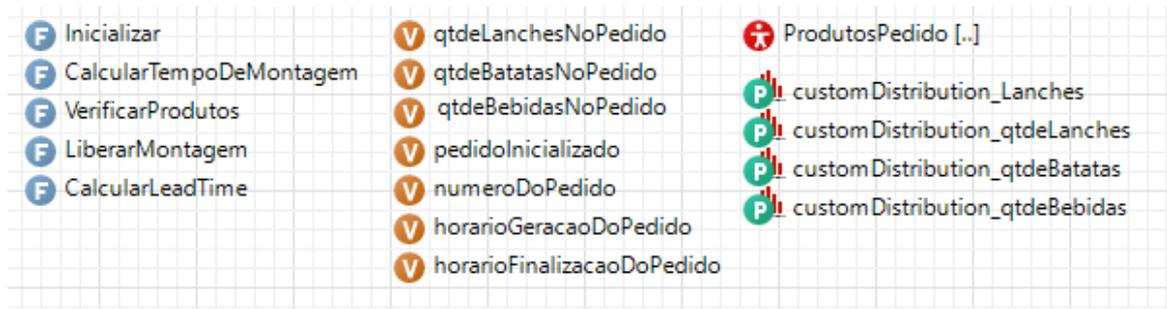


Fonte: Autor (2023).

A entidade Pedido foi desenvolvida conforme demonstrado na Figura 5 e contém informações sobre o próprio pedido, os produtos que o compõem, sete variáveis, sendo elas referentes à quantidade de lanches, batatas e bebidas que irão compor o pedido, inicialização do pedido (preenchimento das variáveis e população), número do pedido e horários de geração e finalização do pedido. Além disso, existem quatro distribuições de probabilidade customizadas obtidas com base em uma análise de dados históricos do ambiente real no período de um mês, que ditam qual é a quantidade de lanches, batatas e bebidas que irão compor o pedido, além de quais lanches o integrarão dentre as opções existentes no cardápio da hamburgueria. Foi necessária a criação de cinco funções: “Inicializar”, com o objetivo de preencher as variáveis e a população de pedidos; “CalcularTempoDeMontagem”, com o objetivo de calcular o tempo médio necessário para a montagem baseando-se na quantidade e tipos de produtos; “VerificarProdutos”, onde é feita a verificação do estado de cada produto do pedido, retornando “true” caso todos estejam prontos para embalagem; “LiberarMontagem”, que utiliza a função “VerificarProdutos” para que, caso haja um retorno positivo, o agente Pedido possa passar para a etapa de montagem e, por

último, “CalcularLeadTime”, que serve para manter o controle do Lead Time de cada pedido.

Figura 5 – Entidade Pedido.



Fonte: Autor (2023).

Visão Geral do Processo e Programação

Os pedidos são recebidos através da fonte "sourcePedidos" e passam por uma fase de inicialização, durante a qual as variáveis e agentes internos são preenchidos. Após essa etapa, são realizadas três verificações para a distribuição das ordens de produção.

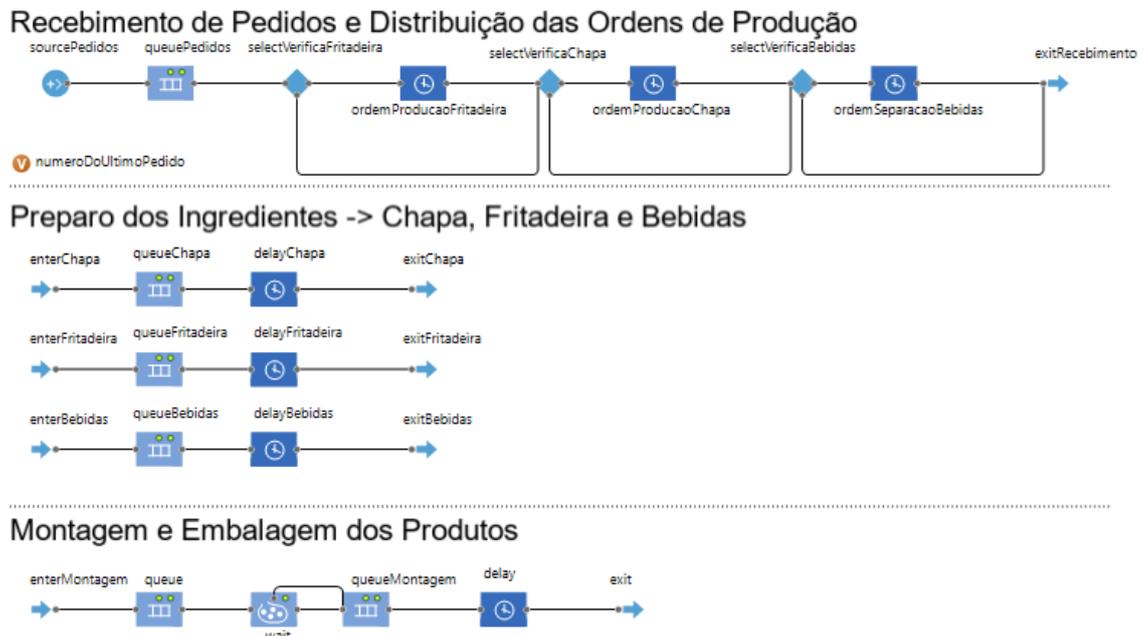
Uma vez que as ordens de produção tenham sido distribuídas, a produção dos ingredientes é iniciada, desde que as estações de trabalho necessárias estejam disponíveis. Caso contrário, os ingredientes aguardam em filas específicas ("queueChapa", "queueFritadeira" e "queueBebidas") até que haja capacidade para o seu preparo. Os blocos de atraso ("delayChapa", "delayFritadeira" e "delayBebidas") mantêm os ingredientes retidos até receberem a ordem de liberação. Essa liberação ocorre quando o estado do ingrediente é alterado de "stateEmPreparo" para "statePronto", após o término do tempo de preparo necessário para cada tipo de ingrediente.

Em seguida, os ingredientes avançam para a etapa de montagem e embalagem. Os pedidos aguardam em um bloco de espera ("wait") até serem liberados pela função "LiberarMontagem", que é acionada sempre que um ingrediente transita do estado "stateEmPreparo" para o estado "statePronto". Nesse momento, ocorre a verificação de cada ingrediente em cada produto e, se todos estiverem no estado "statePronto", o pedido é liberado para a etapa de montagem.

Após a liberação do pedido para a montagem, este aguarda no bloco de fila "queueMontagem" até que haja capacidade para ser processado no bloco de atraso "delay", pelo tempo calculado através da função "CalcularTempoDeMontagem".

A disposição dos blocos no *software* AnyLogic foi feita conforme o fluxo do processo, onde o agente principal, Pedido, é conduzido através de diferentes processos, como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 –Visão Geral do Modelo Computacional



Fonte: Autor (2023).

CONCEITOS DE DESIGN

Segundo Grimm et al. (2020), o elemento Conceitos de Design (Design Concepts) tem a função de descrever como alguns conceitos importantes para a modelagem de simulações baseadas em agentes foram considerados no modelo.

Emergência: O tempo de espera do cliente irá emergir das interações entre os pedidos e sua taxa de chegada, os produtos que compõem os pedidos, os ingredientes que compõem os produtos, a capacidade geral da cozinha e a eficiência dos funcionários.

Adaptação: O colaborador encarregado da montagem e embalagem possui a capacidade de ajustar suas ações de acordo com as circunstâncias. Por exemplo, ele tem a flexibilidade de priorizar a montagem e embalagem do pedido número 2, caso os ingredientes e produtos necessários para o pedido número 1 não estejam disponíveis, mas os recursos para o pedido número 2 estejam.

Objetivos: O objetivo geral do sistema é otimizar o processamento dos pedidos, garantindo que a chapa, a fritadeira e os colaboradores estejam ocupados, mas sem estarem sobrecarregados e também que o pedido seja entregue dentro da meta de tempo de produção definida pela empresa.

Interação: Os agentes interagem diretamente, de modo que um evento como uma mudança de estado em um dos agentes (ingrediente), cause o acionamento de outro, como o funcionário responsável pela montagem, ou a liberação para a entrada do próximo ingrediente na chapa.

Estocástica: O modelo computacional faz uso da estocasticidade, tomando como base dados reais obtidos do sistema de gestão da hamburgueria, através de distribuições de probabilidade customizadas. A aleatoriedade está na chegada e composição dos pedidos. As distribuições customizadas ditam quais produtos irão compor o pedido, além da quantidade de cada um. O apêndice A mostra os dados utilizados.

Observações: As observações incluem gráficos de utilização média dos recursos, Lead Time médio frente ao número de pedidos e também o monitoramento das filas da chapa, da fritadeira e da montagem.

DETALHES

Este elemento apresenta informações suficientes para a compreensão dos leitores a respeito do modelo e também para que possam implementá-lo (GRIMM et al., 2020).

Inicialização, Dados de entrada e Submodelos

No início da execução da simulação, existem apenas os recursos necessários para a produção. A quantidade de ingredientes em estoque inicial foi desconsiderada, tornando a oferta de insumos infinita.

A taxa de chegada dos pedidos (pedidos chegando por hora) varia de acordo com cada cenário simulado, sendo aumentada a cada um deles. No primeiro cenário simulado, a taxa foi definida em 5 pedidos por hora, baseada nos dados históricos da hamburgueria.

Os parâmetros de cada ingrediente e produto estão especificados no Apêndice B. Os ingredientes foram vinculados aos produtos por meio de uma tabela de junção, devido ao seu relacionamento muitos-para-muitos, a qual também é encontrada no Apêndice B. A duração de cada replicação da simulação foi definida como sendo o mesmo tempo de duração de um turno de trabalho, ou seja, das 19 horas às 23 horas, quando o estabelecimento encerra o recebimento dos pedidos, permanecendo até concluir os pedidos que já foram aceitos, mas ainda não estão prontos. O preenchimento dos parâmetros do agente Pedido ocorre por meio de Distribuições Customizadas no software AnyLogic, utilizando os dados obtidos diretamente do sistema de gestão de pedidos da hamburgueria, conforme apresentado na Figura 7. A forma como o modelo foi estruturado reflete a complexidade dos agentes e de suas relações na vida real. Essa abordagem de validação garantiu que o modelo computacional refletisse com precisão as operações reais da hamburgueria, permitindo uma análise confiável dos cenários simulados. A validação envolveu não apenas a configuração inicial e a fidelidade das entradas de dados, mas também o mapeamento detalhado do processo e a utilização das Distribuições Customizadas.

Figura 7 – Distribuições Customizadas

Quantidade de Lanches no Pedido (Qtd x Peso)		Quantidade de Batatas no Pedido (Qtd x Peso)		Quantidade de Bebidas no Pedido (Qtd x Peso)		Tipo de Lanche (ID do lanche x Peso)	
Value	Weight	Value	Weight	Value	Weight	Value	Weight
0.0	4.0	0.0	156.0	0.0	207.0	1.0	104.0
1.0	116.0	1.0	82.0	1.0	42.0	2.0	144.0
2.0	88.0	2.0	19.0	2.0	11.0	3.0	125.0
3.0	38.0	3.0	14.0	3.0	5.0	4.0	57.0
4.0	15.0	4.0	2.0	4.0	7.0	5.0	17.0
5.0	7.0			5.0	1.0	6.0	116.0
6.0	1.0						
7.0	2.0						
9.0	2.0						

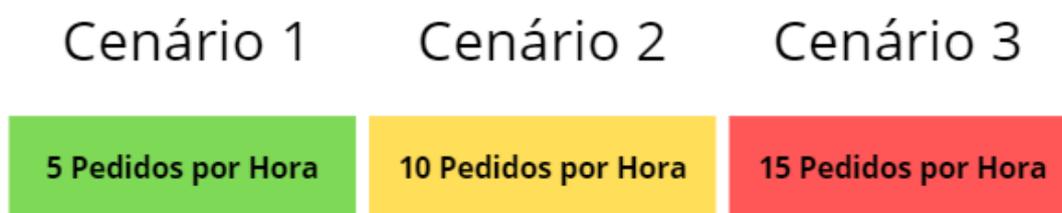
Fonte: Autor (2023).

A capacidade da chapa e da fritadeira foram medidas no estabelecimento, sendo definidas da seguinte maneira: A chapa é dividida em 8 seções iguais, cada seção pode comportar um ingrediente, portanto a capacidade da chapa é de no máximo 8 ingredientes de uma só vez. Já a fritadeira consegue suportar uma carga de 4 porções de batata frita simultaneamente.

Para a determinação dos possíveis cenários de crescimento, a variável de entrada “Frequência de chegada dos pedidos” foi aumentada até que a capacidade produtiva não suportasse mais a demanda.

No primeiro cenário estudado, a frequência de chegada dos pedidos foi definida como cinco pedidos por hora. No segundo cenário estudado, a frequência de chegada dos pedidos foi aumentada em cinco, ou seja, definida como dez pedidos por hora. No terceiro cenário estudado, a frequência de chegada dos pedidos também foi aumentada em cinco, nesse caso, definida como quinze pedidos por hora. Essa variação na taxa de chegada dos pedidos está ilustrada na Figura 8.

Figura 8 – Variação na taxa de chegada dos pedidos



Fonte: Autor (2023).

Para avaliar a disponibilidade dos recursos, o grau de utilização dos equipamentos, e a qualidade das operações foram utilizadas as seguintes medidas:

1. Utilização média da chapa;
2. Utilização média da fritadeira;
3. Fila da chapa e sua média;
4. Fila da fritadeira e sua média;
5. Fila da montagem e sua média;
6. Lead Time de cada pedido;
7. Realização da meta de tempo de produção;
8. Pedidos concluídos a tempo;
9. Pedidos concluídos com atraso;

4 RESULTADOS

Após a aplicação do método, com a execução de uma replicação da simulação para cada um dos três cenários propostos, foram obtidos os seguintes resultados:

No primeiro cenário estudado, no qual a variável de entrada “Frequência de chegada dos pedidos” foi definida em 5 pedidos por hora, a utilização média da chapa e da fritadeira se mantiveram, durante todo o tempo, muito abaixo do que se pode considerar como sobrecarga (80% ou mais de utilização). Além disso, a fila da chapa, da fritadeira, da montagem e as suas médias se mantiveram baixas durante todo o

expediente, conforme apresentado na Figura 9. Nesse cenário, não foram encontrados gargalos na produção, sendo assim a restrição do sistema nesse momento foi o mercado.

Figura 9 – Utilização média e Filas – Cenário 1



Fonte: Autor (2023).

Nenhum pedido foi entregue com atraso frente à meta de tempo de produção de 30 minutos estabelecida pela empresa. O pedido mais rápido foi preparado em aproximadamente cinco minutos e o pedido mais demorado foi preparado em aproximadamente quinze minutos. O Lead Time médio dos pedidos foi de nove minutos. Estas informações foram obtidas através dos gráficos apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Análise do Lead Time e composição dos pedidos - Cenário 1



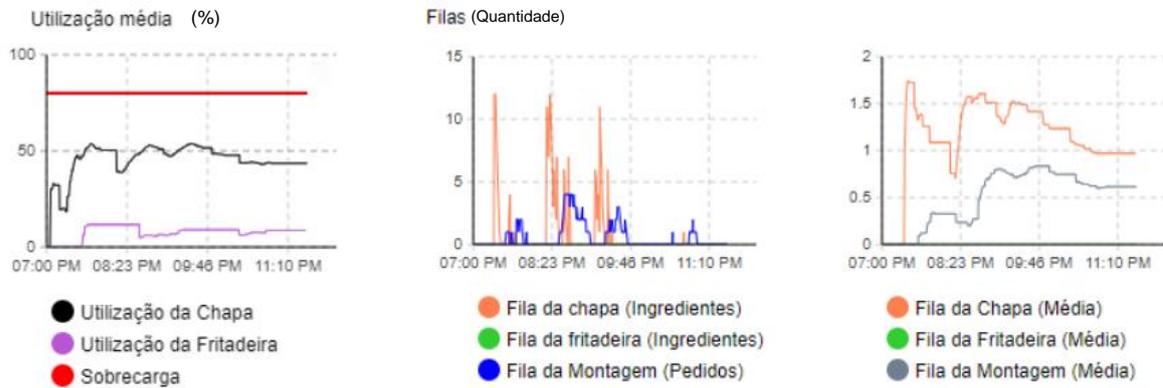
Fonte: Autor (2023).

Ao simular o segundo cenário proposto no estudo, no qual a variável de entrada “Frequência de chegada dos pedidos” foi definida em 10 pedidos por hora, a utilização média da chapa e da fritadeira se mantiveram, durante todo o expediente, abaixo do que se pode considerar como sobrecarga (80% ou mais de utilização).

Houve um crescimento da utilização média, das filas da chapa, da fritadeira, da montagem e as suas médias quando comparadas ao cenário 1, conforme apresentado

na Figura 11. Nesse cenário, não foram encontrados gargalos na produção, mas foi observado o crescimento da utilização e das filas de todas as estações de trabalho envolvidas. Dessa maneira, a restrição do sistema permanece sendo o mercado.

Figura 11 – Utilização média e Filas – Cenário 2



Fonte: Autor (2023).

Através da análise dos gráficos apresentados na Figura 12, pode-se concluir que, assim como no cenário 1, nenhum pedido foi entregue com atraso frente à meta de tempo de produção de 30 minutos estabelecida pela empresa. O pedido mais rápido foi preparado em aproximadamente sete minutos e o pedido mais demorado foi preparado em aproximadamente vinte e quatro minutos. O Lead Time médio dos pedidos foi de quatorze minutos.

Figura 12 – Análise do Lead Time e composição dos pedidos - Cenário 2



Fonte: Autor (2023).

Ao simular o terceiro cenário proposto no estudo, no qual a variável de entrada “Frequência de chegada dos pedidos” foi definida em 15 pedidos por hora, a utilização média da fritadeira permaneceu abaixo do limite tolerado, mas a utilização média da chapa ultrapassou tal limite.

Houve um grande crescimento da utilização média, das filas da chapa, da fritadeira, da montagem e as suas médias quando comparadas ao cenário 1 e 2, conforme apresentado na Figura 13.

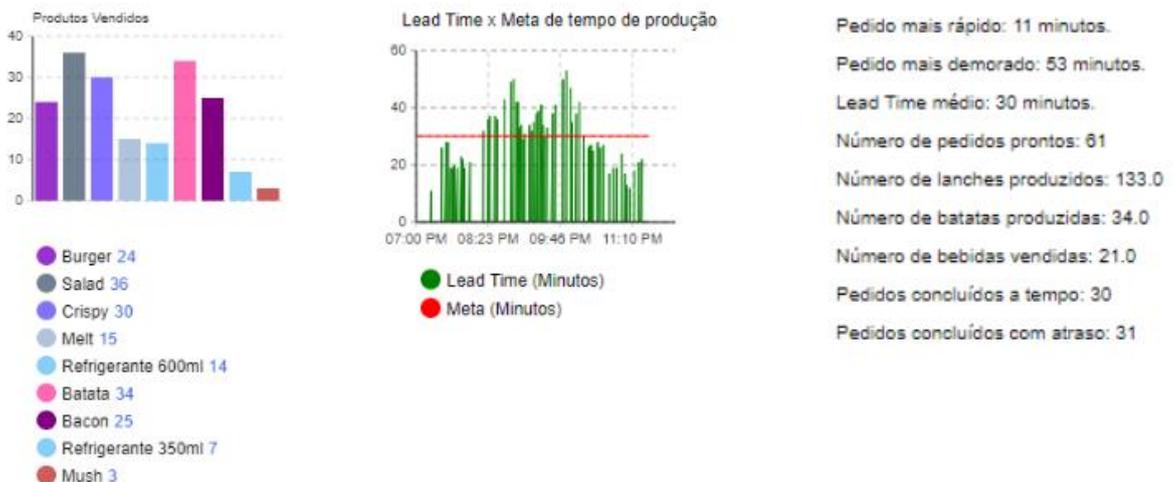
Figura 13 – Utilização média e Filas - Cenário 3



Fonte: Autor (2023).

Através da análise dos gráficos apresentados na Figura 14, pode-se concluir que, diferente dos cenários 1 e 2, trinta e um pedidos foram entregues com atraso frente à meta de tempo de produção de trinta minutos estabelecida pela empresa. O pedido mais rápido foi preparado em aproximadamente onze minutos e o pedido mais demorado foi preparado em aproximadamente cinquenta e três minutos. O Lead Time médio dos pedidos foi de trinta minutos.

Figura 14 – Análise do Lead Time e composição dos pedidos - Cenário 3



Fonte: Autor (2023).

A simulação computacional contribuiu para a aplicação dos cinco passos da TOC, pois permitiu a identificação, exploração e elevação da restrição. O primeiro passo foi aplicado como resultado da simulação do terceiro cenário. Nesse cenário, a chapa foi considerada como restrição, visto que apresentou a maior média de fila e utilização, portanto, é necessário explorar sua capacidade a fim de evitar que seja

desperdiçado tempo no recurso restritivo, conforme especificado no segundo passo da TOC. Para atingir tal objetivo, existem algumas possibilidades:

- Aliviar a utilização da chapa, preparando alguns ingredientes que são processados neste recurso em outro equipamento disponível no estabelecimento;
- Preparar os hambúrgueres antes de receber um pedido, evitando a ociosidade da chapa em determinados momentos e a sobrecarga em outros. Para aplicar o terceiro passo da TOC, se faz necessário a subordinação dos demais recursos à capacidade do recurso restritivo. Nesse sentido, deve-se evitar que um pedido atrase mesmo que a chapa cumpra com a sua operação no tempo correto. Para isso, é fundamental que os demais equipamentos estejam limpos e sejam ligados na hora certa. Também é imprescindível que os ingredientes que não ocupem a chapa e a fritadeira estejam prontos antes do início do turno de trabalho e disponíveis durante todo o expediente.

No intuito de aplicar o quarto passo da TOC e elevar a capacidade da restrição, o terceiro cenário foi simulado com a alteração do roteiro de produção de um ingrediente que, atualmente, ocupa a chapa, liberando sua capacidade para poder processar outros ingredientes, objetivando testar uma possibilidade de melhoria. Nesse caso, existe a possibilidade de preparar os pães em outro equipamento, como um tostador elétrico. No momento, o estabelecimento não possui esse recurso, e, portanto, deverá ser adquirido. Essa modificação pode ser realizada na simulação ao trocar a variável chapa do ingrediente pão de “true” para “false”. As Figuras 15 e 16 mostram os resultados obtidos com essa modificação.

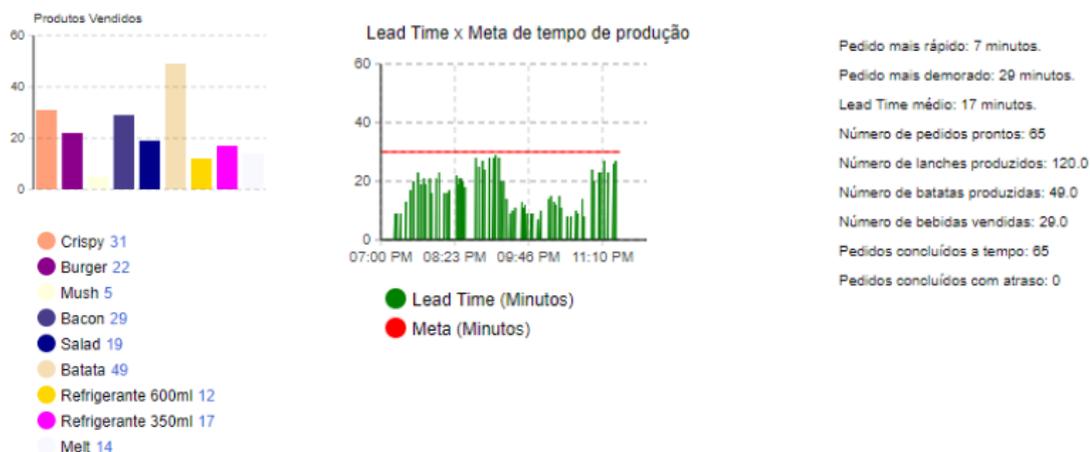
Figura 15 – Utilização média e Filas - Cenário 3 modificado



Fonte: Autor (2023).

Após modificar o roteiro de produção dos pães, a utilização média da chapa diminuiu, assim como as filas e suas médias.

Figura 16 – Análise do Lead Time e composição dos pedidos - Cenário 3 modificado



Fonte: Autor (2023).

Com essa mudança, o lead time médio dos pedidos voltou a níveis aceitáveis, assim como o número de pedidos atrasados foi reduzido a zero.

Visto que a restrição foi quebrada, deve-se começar a aplicação do quinto passo da TOC, iniciando um novo ciclo de melhoria contínua.

5 DISCUSSÃO

Considerando os resultados obtidos com o presente estudo, é possível observar que a capacidade produtiva da hamburgueria é influenciada diretamente pela taxa de chegada dos pedidos, pela capacidade dos equipamentos e pela eficiência dos funcionários. Nos cenários em que a demanda foi menor, a utilização dos recursos se manteve abaixo do limite tolerado, não gerando atrasos e mantendo o lead time dentro das metas estabelecidas.

No entanto, ao aumentar a frequência de chegada dos pedidos, foi identificado que a chapa se tornou a restrição do sistema, afetando a eficiência global da produção. Isso resultou em atrasos nos pedidos e um aumento significativo no lead time médio.

A modificação do roteiro de produção dos pães, permitindo que fossem preparados em um equipamento diferente da chapa, demonstrou ser uma solução eficaz para aliviar a sobrecarga desse recurso restritivo, além de ser uma alternativa mais viável quando comparada a ampliação da capacidade da chapa, visto que o equipamento Tostador Elétrico tem um menor custo de aquisição e ocupa menos espaço na cozinha. Essa adaptação levou a uma redução significativa na utilização média da chapa, filas e, conseqüentemente, no lead time dos pedidos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante esta pesquisa, o foco foi direcionado para a identificação de potenciais desafios enfrentados por uma hamburgueria delivery diante de um aumento significativo no volume de pedidos. O objetivo central do presente artigo foi utilizar a simulação de cenários de crescimento nas vendas, por meio do software AnyLogic,

para avaliar e propor ajustes operacionais capazes de mitigar esses desafios. Os resultados obtidos validam a eficácia dessa abordagem, confirmando o alcance do objetivo da pesquisa.

Embora a situação atual da empresa seja representada pelo Cenário 1, onde há baixa demanda, a flexibilidade na adaptação dos processos, a subordinação dos recursos à capacidade do gargalo e a busca contínua por melhorias são essenciais para garantir a eficiência operacional e a satisfação do cliente quando houver um aumento substancial na demanda. É crucial ressaltar que a aplicação de técnicas de simulação e a análise detalhada dos resultados proporcionaram insights valiosos para a tomada de decisões estratégicas. Recomenda-se a continuidade do monitoramento dos processos e a realização de simulações periódicas para garantir a eficácia das soluções implementadas e a adaptação às mudanças no ambiente operacional da hamburgueria.

Adicionalmente, recomenda-se a compra de um equipamento “Tostador Elétrico Industrial para Pães” caso a demanda tenda a atingir os níveis do cenário 3, antes da modificação, onde a demanda foi de aproximadamente sessenta pedidos, ou cento e trinta lanches por turno de trabalho.

Esta pesquisa foi limitada pela simulação de apenas uma replicação baseada nos dados históricos de demanda coletados no sistema de gestão de pedidos da hamburgueria. Assim sendo, podem ser realizados novos estudos sobre esse modelo, utilizando-se de mais replicações e técnicas estatísticas para gerar resultados em diversos cenários.

REFERÊNCIAS

BARRETO, C. A.; DANTAS, G. C. T.; TEIXEIRA, C. A. C., A importância do planejamento estratégico para as pequenas empresas. **Revista Eletrônica Científica da FAESB**, Ano 2, v. 1, n. 1, 2015.

BEZERRA, I. N.; DE MOURA SOUZA, A.; PEREIRA, R. A.; SICHIERI, R., Consumo de alimentos fora do domicílio no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, Vol. 47 No. S1, pp. 200-211, 2013.

BONABEAU, Eric. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 99, n. suppl_3, p. 7280-7287, 2002.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **The Goal**: Excellence in Manufacturing. Croton-on-Hudson: North River Press, 1984.

GRIMM, Volker et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological modelling**, v. 198, n. 1-2, p. 115-126, 2006.

GRIMM, Volker et al. The ODD protocol for describing agent-based and other simulation models: A second update to improve clarity, replication, and structural realism. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 23, n. 2, 2020.

HISRICH, R.; PETERS, M. **Empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

IKEZIRI, L. M.; SOUZA, F. B.; GUPTA, M. C.; FIORINI, P. C. Theory of Constraints: Review and Bibliometric Analysis. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 15-16, p. 5068-5102, 2019.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Algumas caracterizações dos métodos científicos em Engenharia de Produção: uma análise de periódicos nacionais e internacionais. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 1-10, 2007.

NORTH, K.; SILVA NETO, E.; DÁVILA CALLE, G. A. Vencendo os desafios do crescimento: o método “aprender a crescer” para pequenas e médias empresas brasileiras. **NAVUS – Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 6-19, jan./jun., 2013.

POZO, H., Teoria das Restrições: o sucesso através de redução do tempo set up em uma pequena indústria de manufatura. **eGesta - Revista Eletrônica de Gestão de Negócios**, v.3, n.3, p.156-196, jul./set., 2007.

RAYS FILHO, I.; SOUZA, F. B.; IKEZIRI, L. M. Analysis of a support method for offering delivery promises in environments managed by S-DBR system. **Production**, 33, 2023.

SÃO PAULO. Decreto n. 64.881, de 22 de mar. de 2020. Decreta quarentena no Estado de São Paulo, no contexto da pandemia do COVID-19 (Novo Coronavírus), e dá providências complementares. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. São Paulo, v. 130, n. 57, mar. 2020. Legislação Estadual.

SOUZA, F. B.; IKEZIRI, L. M. Demand management: the essence of the theory of constraints?. **International Journal of Logistics Systems and Management**. No prelo.

STATISTA. **Online Food Delivery – market data analysis & forecast**. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/study/40457/food-delivery/>. Acesso em: 16 abr. 2023.

APENDICE A – DADOS OBTIDOS DO SISTEMA DE GESTÃO DE PEDIDOS DA HAMBURGUERIA

Tabela 1 – Composição dos pedidos por número de itens

QUANTIDADE (x)	PEDIDOS COM x LANCHES	PEDIDOS COM x BATATAS	PEDIDOS COM x REFRIGERANTE
1,00	116	82	42
2,00	88	19	11
3,00	38	14	5
4,00	15	2	7
5,00	7	0	1
6,00	1	0	0
7,00	2	0	0
8,00	0	0	0
9,00	2	0	0

Fonte: Autor (2023).

APENDICE B – TABELAS DIMENSÃO E DE JUNÇÃO

Tabela 2 – Parâmetros das Entidades Ingrediente e Produto

Ingredientes

id	nome	tempo	chapa	fritadeira
1	Pão	120	true	false
2	Hambúrguer	360	true	false
3	Queijo Cheddar Fatiado	60	false	false
4	Catupiry	60	false	false
5	Cheddar Cremoso	60	false	false
6	Bacon	300	true	false
7	Alface	0	false	false
8	Tomate	0	false	false
9	Cebola	0	false	false
10	Picles	0	false	false
11	Shitake	180	true	false
12	Ovo	180	true	false
13	Malonesa Caseira	0	false	false
14	Catchup	0	false	false
15	Mostarda	0	false	false
16	Sweet Chilli	0	false	false
17	Cebola Crispy	0	false	false
18	Cebola Caramelizada	60	false	false
19	Batata Frita	300	false	true
20	Refrigerante 350ml	0	false	false
21	Refrigerante 600ml	0	false	false

Produtos

id	nome	categoria
1	Burger	lanche
2	Bacon	lanche
3	Salad	lanche
4	Melt	lanche
5	Mush	lanche
6	Crispy	lanche
7	Batata	batata
8	Refrigerante 350ml	bebida
9	Refrigerante 600ml	bebida

Fonte: Autor (2023).

Tabela 3 – Tabela de Junção – Ingredientes x Produtos

idIngrediente	IdProduto	idIngrediente	IdProduto
1	1	1	4
2	1	2	4
3	1	5	4
9	1	13	4
10	1	18	4
14	1	1	5
15	1	2	5
13	1	3	5
1	2	9	5
2	2	11	5
3	2	13	5
6	2	16	5
13	2	1	6
1	3	2	6
2	3	4	6
3	3	6	6
7	3	13	6
8	3	17	6
9	3	19	7
13	3	20	8
		21	9

Fonte: Autor (2023).