

Reestruturação de *Layout* com apoio de simulação computacional: estudo de caso em uma sorveteria

Autor: Leonardo Dall'Accua

Leonardo.accua@edu.pucrs.br, PUCRS, Brasil

Orientador: Fernando de Oliveira Lemos

Fernando.lemos@pucrs.br, PUCRS, Brasil

Resumo: No Brasil, o setor de sorveterias, que abrange mais de onze mil empresas e gera um faturamento anual de aproximadamente R\$14 bilhões, enfrenta uma intensa concorrência e desafios operacionais significativos, principalmente no que diz respeito à gestão do espaço físico e eficiência no processo de montagem das sobremesas. Estes desafios são agravados por gargalos que afetam diretamente a satisfação do cliente e a produtividade do negócio. O estudo em questão teve como objetivo geral desenvolver e aplicar simulações computacionais para comparar diferentes *layouts* de montagem de sobremesas, com o intuito de minimizar os impactos dos gargalos operacionais e reduzir os tempos de produção, movimentação e entrega. Os resultados obtidos mostraram uma redução nos indicadores de *lead time* em até 35% e uma diminuição do tempo total do cliente no sistema em 33%, validando a eficácia da integração entre simulação computacional e decisões de melhoria de *layout*.

Palavras-chave: Simulação computacional; *Layout*; *Lead Time* e Setor Alimentício.

1. Introdução

O ramo de sorveterias é um setor com vasta competição entre empresas. Em 2022 existiam mais de onze mil empresas ligadas ao setor de sorvetes e *gelatos* no Brasil que geraram cerca de R\$14 bilhões por ano em faturamento. Desse faturamento, cerca de 15% estão concentrados na região sul do país (ABIS, 2022).

A concorrência no setor demanda um entendimento aprofundado do que o cliente e o mercado esperam, tendo em vista a criação de valor, a satisfação e a fidelidade do cliente (BRAVO, 2012). Para se destacar em relação aos concorrentes, dentro desse cenário, é importante ter diferenciais importantes para os consumidores. O fator principal que o consumidor leva em consideração ao escolher um estabelecimento para consumir um alimento é o sabor do produto, seguido pelo preço do produto e o atendimento oferecido pelo local (GALUNION, 2022).

Em um mercado cada vez mais competitivo, a agilidade no atendimento é um dos fatores que interferem diretamente na satisfação dos consumidores do varejo (ALVES, 2018). Para alcançar a excelência no atendimento, as empresas devem buscar constantemente a qualidade de seus serviços, treinando continuamente os colaboradores, criando programas de melhorias e realizando pesquisas de satisfação com os clientes. Alguns fatores que compõem um bom atendimento ao cliente incluem cordialidade, empatia, confiança e agilidade no atendimento

(TEIXEIRA, 2019). A agilidade no atendimento ao cliente pode impactar positivamente na satisfação do cliente e, conseqüentemente, nas vendas da empresa.

Um ponto de atenção em atendimento na área de alimentação é o *layout* projetado, pois influencia nos fluxos de materiais e de pessoas. Uma organização eficaz do espaço físico é decisiva para a produtividade e a eficiência dos processos. Um *layout* mal planejado pode criar fluxos de trabalho ineficientes, resultando em custos adicionais e atrasos que afetam negativamente a experiência do cliente (SLACK *et al.*, 2002). Em contrapartida, um *layout* otimizado maximiza o uso do espaço, minimiza movimentos e transportes desnecessários, reduz desperdícios e promove uma produção mais fluida. Isso não só acelera as operações, como também reflete diretamente na agilidade do atendimento ao cliente, proporcionando uma experiência mais satisfatória ao consumidor (SHINGO, 1981).

A modelagem e simulação pode auxiliar no projeto e avaliação da aplicação de diferentes alternativas de *layouts* para um processo produtivo. Por meio dessas ferramentas, é possível testar diferentes cenários, permitindo identificar tanto gargalos e pontos de melhoria no *layout* atual quanto a melhor disposição de equipamentos, e estações de trabalho para um melhor fluxo de materiais e de pessoas. Isso não apenas eleva a produtividade, mas também possibilita avaliar diversas alternativas a fim de otimizar a economia de recursos, como espaço, tempo e mão de obra. Além disso, ao prever possíveis problemas antes da implementação do novo *layout*, a simulação ajuda a reduzir riscos de falhas e retrabalhos e torna o processo de escolha mais assertivo e bem fundamentado (CHWIF; MEDINA, 2010).

Alguns autores já utilizaram as ferramentas de modelagem e simulação para propor melhorias e reestruturação de *layouts* produtivos. Valente *et al.* (2019) aplicou a simulação computacional em um restaurante universitário e após identificar o processo gargalo do sistema, propôs a divisão das atividades do processo gargalo em dois processos separados, aumentando a capacidade de atendimento do restaurante em 20%. Fernandes e Longhini (2021) utilizaram a simulação computacional em um restaurante industrial *self-service* e identificaram que com mais mesas para atendimento do *buffet*, o tempo de espera em fila diminui 79%, a capacidade aumenta em 36% com taxa de utilização das mesas de 95%.

A empresa analisada neste estudo é uma sorveteria que enfrenta desafios que comprometem sua operação e, conseqüentemente, sua reputação. Um dos desafios mais marcantes refere-se à gestão do espaço físico, que atualmente está longe de ser otimizado. A constante movimentação dos colaboradores nas operações de produção de sorvetes sugere não apenas um *design* ineficaz do ambiente, mas também a falta de protocolos claros. Esta

ineficiência espacial é agravada pelas frequentes colisões entre funcionários, o que não apenas atrasa as operações, mas também aumenta o risco de acidentes e desperdício de ingredientes.

O problema mais crítico, no entanto, é o evidente gargalo na etapa de montagem das sobremesas. Especialmente em períodos de alta demanda, este gargalo torna-se insustentável. Os pedidos acumulam-se, excedendo a capacidade de atendimento da equipe. Esta situação, por sua vez, prolonga os tempos de espera, fazendo com que os clientes aguardem por tempos excessivos por suas sobremesas. A demora não só afeta a percepção de eficiência do estabelecimento, mas também gera insatisfação direta por parte dos clientes, que podem questionar a qualidade e o comprometimento do serviço oferecido pelo restaurante.

A partir desse problema, a questão de pesquisa desse trabalho é: qual *layout* de montagem de produtos de sobremesas da sorveteria permite maior agilidade na entrega para o cliente? Para responder essa questão, o trabalho tem como objetivo geral desenvolver e aplicar simulações computacionais para comparar diferentes *layouts* de montagem das sobremesas. Os objetivos específicos deste trabalho são: (i) eliminar ou minimizar o impacto dos gargalos na operação analisada e (ii) reduzir os tempos de produção, de movimentação e de tempo de entrega.

O estudo foi delimitado aos produtos de sorvetes, açaís, casquinhas e *milkshakes* já que eles representam os principais produtos do setor de montagem da empresa estudada. Não será feita uma análise de cada item dos grupos analisados, pois existem muitos itens e pouca variabilidade de processo entre eles, portanto será feito um agrupamento desses itens que compartilham o mesmo processo. O trabalho será feito com uma base de dados de dez meses devido a recente troca do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa. É importante salientar que a sazonalidade desses produtos interfere diretamente na quantidade demandada pelos clientes, portanto os dias considerados para análise serão os sábados e domingos, que são os dias de maior demanda.

O trabalho está dividido em quatro seções, sendo a primeira a introdução, que contém a contextualização, as justificativas, os objetivos e as delimitações. Na segunda seção é abordado o método de pesquisa e o método de trabalho, mostrando a estruturação do estudo e as etapas para aplicação das metodologias e suas referências. Na terceira seção são apresentados os resultados da aplicação do método, a análise realizada para definição do método mais adequado para cada produto e os resultados de acuracidade. E na seção final são apresentadas as considerações finais do estudo.

2. Procedimentos Metodológicos

Esta seção é composta por duas subseções: método de pesquisa e método de trabalho. A primeira subseção explora as características da pesquisa, enquanto a segunda subseção descreve o método de trabalho adotado, apresentando em detalhes as etapas seguidas para atingir os objetivos estabelecidos.

2.1. Método de Pesquisa

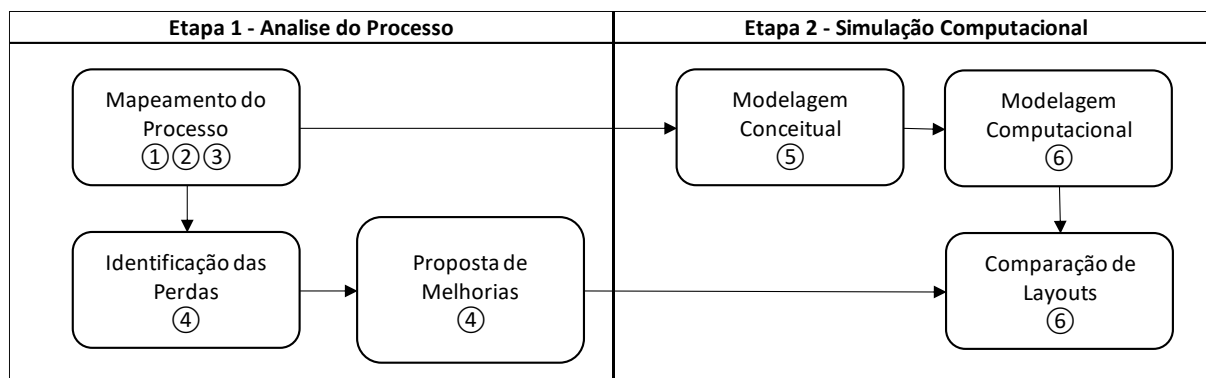
Em questão do método de pesquisa, por ser um trabalho dirigido a uma solução de problema específico pode-se dizer que se trata de um trabalho de natureza aplicada (VERGARA, 2000). Quanto ao objetivo exploratório, pois proporciona maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito, construir hipóteses ou conhecer os tipos de relações (SELLTIZ *et al.*, 1965). A abordagem é do tipo quali-quantitativa que é uma metodologia de pesquisa que combina elementos de abordagens qualitativas e quantitativa. Essa abordagem busca obter dados tanto quantitativos quanto qualitativos, permitindo uma análise mais completa e aprofundada do objeto de estudo (SILVA; MENEZES, 2001).

Os procedimentos deste trabalho são de estudo de caso. Os estudos de simulação são aqueles que representam um sistema real através de um modelo, trazendo a vantagem de visualizar, implementar mudanças e responder a testes, minimizando custos e tempo (PEREIRA, 2000). Visa estudar o comportamento de um sistema, sem que seja necessário modificá-lo e sem construí-lo fisicamente. Além disso, o tempo da pesquisa se caracteriza como um estudo transversal, pois os dados foram obtidos em um intervalo curto de tempo (SILVA; MENEZES, 2001), mas ainda possibilita uma análise comparativa entre o estado anterior e posterior, bem como a projeção de uma futura configuração do processo de montagem.

2.2. Método de Trabalho

O método de trabalho foi estruturado em duas etapas, conforme apresentado na Figura 1, que discrimina os diferentes passos dentro de cada etapa de aplicação. A proposta tem como principais fontes os estudos de: Bicheno e Holweg (2020), Meyers e Stewart (2002), Hopp e Spearman (2011), Ohno (1997), Leal *et al.* (2008) e Chwif e Medina (2010).

Figura 1 – Método de Trabalho



Legenda					
Ícone	Referência	Ícone	Referência	Ícone	Referência
①	Bicheno e Holweg (2020)	③	Hopp e Spearman (2011)	⑤	Leal et al. (2008)
②	Meyers e Stewart (2002)	④	Ohno (1997)	⑥	Chwif e Medina (2010)

Fonte: Adaptado de Bicheno e Holweg (2020), Meyers e Stewart (2002), Hopp e Spearman (2011), Ohno (1997), Leal *et al.* (2008) e Chwif e Medina (2010).

2.2.1. Análise do Processo

Essa etapa do estudo está dividida em três subseções para orientar o desenvolvimento de alternativas ao *layout* atual do processo analisado. Estas três seções são: mapeamento do processo, identificação das perdas do processo e criação de novos *layouts*.

2.2.1.1 Mapeamento do Processo

A primeira etapa no entendimento de um processo consiste em levantar as etapas do mesmo e representar elas em uma ferramenta chamada *Business Process Model and Notation* (BPMN). O BPMN é uma notação gráfica padronizada para a modelagem e representação de processos de uma empresa. Ele oferece um conjunto uniforme de símbolos e notações que facilita a compreensão, documentação, análise e otimização dos processos. (SILVER, 2011).

Além do BPMN são coletados os tempos das operações, para uma análise das tarefas do processo de fabricação analisado. A coleta de dados deve ser realizada a partir de uma cronoanálise, que pode ser realizada pela filmagem das operações, o que permitirá analisar e quantificar o tempo e os movimentos de cada tarefa. Utilizar a filmagem como ferramenta para realizar a cronoanálise auxilia em análises posteriores e na maior precisão dos tempos coletados (MEYERS; STEWART, 2002). Para determinar o número de observações necessárias para uma cronoanálise confiável, uma amostragem inicial é realizada, coletando-se um número "*n*" de observações. A partir desta amostra preliminar, a média e o desvio padrão dessas observações são calculados. Com base nestas estatísticas descritivas, a quantidade final de observações requeridas é então calculada usando a Equação 1 com o nível de confiança e a precisão

requerida definidos. Este método assegura que o número de observações coletadas seja suficiente para representar o processo de fabricação com a precisão e confiança estabelecidas, minimizando qualquer erro potencial ou variabilidade na análise (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

$$N = \left(\frac{100 * z * s}{a * x} \right)^2 \quad (1)$$

Onde: N é o número de observações necessárias; z refere-se ao valor crítico extraído da tabela normal padrão associado ao nível de confiança desejado; s é o desvio-padrão da amostra inicial; a é a precisão definida e x é a média da amostra inicial.

Após determinar o tamanho amostral necessário para a cronoanálise, é vital compará-lo com a quantidade atual de dados coletados. Esse passo verifica se é preciso coletar mais dados ou se o que já foi obtido é adequado. A seguir, é essencial avaliar os dados em busca de *outliers*. A ocorrência de *outliers* em dados coletados é comum, podendo resultar de erros do cronoanalista, falhas do sistema ou simples aleatoriedade. Para eliminar *outliers*, um método é calcular a amplitude dos quartis da amostra. Utilizando a Equação 2, onde Q3 representa o terceiro quartil e Q1 o primeiro, é obtido: (CHWIF; MEDINA, 2010):

$$A = Q3 - Q1 \quad (2)$$

Para reconhecer os *outliers*, Chwif e Medina (2010) propõem uma regra ilustrada na Figura 2. Se detectados *outliers*, estes devem ser removidos da amostra. Uma vez validados os dados, para que o modelo reflita fielmente o comportamento real das variáveis, é crucial determinar a distribuição de probabilidade que cada variável segue. Essa identificação pode ser realizada com auxílio de *softwares* estatísticos (HINES; MONTGOMERY, 1990).

Figura 2 – Análise de *outliers*

Valor < Q1 – 1,5 * A	<i>Outlier moderado</i>
Valor > Q3 + 1,5 * A	<i>Outlier moderado</i>
Valor < Q1 – 3 * A	<i>Outlier extremo</i>
Valor > Q3 + 3 * A	<i>Outlier extremo</i>

Fonte: Chwif e Medina (2010)

Após realizada e validada a coleta de tempos, é possível estruturar uma carta de processos para facilitar a identificação das perdas futuramente. A carta de processo é uma ferramenta visual que representa a sequência de eventos que compõem um processo. Esta ferramenta detalha cada etapa ou atividade em ordem sequencial, o tempo que cada operação ou atividade leva para ser concluída, a distância que o material ou informação viaja entre etapas, e o tipo de movimento ou ação realizada. Os movimentos ou ações são geralmente

categorizados em diferentes símbolos, como: operação (uma tarefa ou atividade realizada, geralmente envolvendo a transformação ou modificação de um item ou informação), transporte (movimento de materiais ou informações de um lugar para outro), inspeção (verificação ou exame de um item ou informação), atraso/espera (momentos em que o produto ou serviço está aguardando a próxima etapa) e armazenamento (quando um produto é mantido em reserva, sem operação ou transporte adicional) (BICHENO; HOLWEG, 2020).

Para auxiliar na identificação de movimentos desnecessários, o Diagrama de Espaguete é indicado na literatura. O diagrama de espaguete é uma ferramenta usada para mapear o fluxo de materiais e pessoas em um processo. O principal objetivo do diagrama é identificar e reduzir o transporte, movimentação e fluxo ineficiente, tornando visualmente evidentes os movimentos desnecessários. Ao reduzir esses movimentos, pode-se diminuir tempos de ciclo, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência geral (BICHENO; HOLWEG, 2020).

Para finalizar a primeira etapa de mapeamento do processo atual, são definidos, medidos e/ou calculados os indicadores relevantes para análise. Em estudos de *layout* são utilizados indicadores como tempo de ciclo de produção, nível de inventário, taxa de defeitos, tempo de *setup*, utilização de máquina, *lead time*, tempo de resposta a incidentes, taxa de produção, níveis de estoque em processo, capacidade de produção, distância percorrida, ociosidade de recursos e custos operacionais (WOMACK; JONES, 2003). As definições destes indicadores podem ser vistas no Anexo B.

2.2.1.2. Identificação das Perdas

Após as etapas anteriores, são identificadas as perdas no processo, com base nas sete perdas do sistema Toyota de produção (STP) que estão discriminadas na Figura 4. A identificação das perdas é importante para a melhoria contínua do processo porque permite eliminar desperdícios, otimizar recursos, e oferecer maior valor ao cliente. Além disso, ao focar na eliminação de perdas, as empresas promovem uma cultura de melhoria contínua, garantem uma produção mais ágil e de maior qualidade e incentivam o envolvimento ativo dos funcionários no aprimoramento constante dos processos (OHNO, 1997).

Figura 4 – Sete perdas do STP e Indicadores

Perda	Descrição	Indicadores
Superprodução	Produzir mais do que o necessário, resultando em estoques excessivos e desperdício de recursos.	Nível de Inventário, Capacidade
Espera	Tempo ocioso de pessoas ou máquinas devido a atrasos ou falta de coordenação.	Utilização de Máquina, Ociosidade, <i>Lead time</i>
Transporte	Movimentação excessiva de materiais ou produtos sem adicionar valor ao processo.	Distância Percorrida, Ociosidade
Processamento Desnecessário	Realizar etapas ou atividades que não agregam valor ao produto.	Níveis de Estoque em Processo em Processo, Taxa de Defeitos
Inventário Excessivo	Manter estoques elevados além do necessário, resultando em custos de armazenamento e obsolescência.	Nível de Inventário e Níveis de Estoque em Processo
Movimentação Excessiva	Deslocamento desnecessário de pessoas ou equipamentos durante o processo produtivo.	Ociosidade de Recursos
Defeitos	Produzir itens com erros ou falhas, exigindo retrabalho, desperdício de tempo e recursos.	Taxa de Defeitos, Satisfação do Cliente

Fonte: Ohno (1997) e Womack e Jones (2003)

Para a identificação minuciosa das perdas inerentes ao processo, será aplicada uma abordagem sistemática baseada nos indicadores de estudo de *layout* especificados na Figura 3. Esses indicadores são ferramentas essenciais para tornar tangíveis as perdas, frequentemente intangíveis ou não evidentes à primeira vista. Ao utilizar tais indicadores, é possível não apenas identificar, mas também quantificar e avaliar as perdas de maneira precisa e objetiva. Isso oferece uma base sólida para análises subsequentes e tomadas de decisões, facilitando a implementação de medidas corretivas eficazes para otimizar o processo (ROTHER; SHOOK, 2009).

2.2.1.3. Proposta de Melhorias

Após o mapeamento do processo e análise das perdas são propostas diferentes melhorias a partir da eliminação ou redução das perdas identificadas. As propostas irão abranger tanto o quadro de colaboradores quanto mudanças de *layout* que devem ser baseadas nos arranjos

propostos pela literatura (RAMESH *et al.*, 2009). Slack *et al.* (2002) citam 4 principais arranjos (Figura 39)

Figura 39 – Arranjos de Layout

Arranjo	Descrição
<i>Layout</i> Funcional	agrupa as máquinas e equipamentos de acordo com a função que desempenham no processo produtivo
<i>Layout</i> em linha	organiza as máquinas e equipamentos de acordo com a sequência de operações necessárias para produzir um determinado produto
<i>Layout</i> celular	agrupa as máquinas e equipamentos em células de produção, de acordo com a sequência de operações necessárias para produzir um conjunto de produtos similares
<i>Layout</i> posicional	utilizado em processos de produção de grande porte, em que o produto é fixo e as máquinas e equipamentos são movidos até ele para realizar as operações necessárias

Fonte: (SLACK *et al.* 2002)

2.2.2 Simulação Computacional

A simulação computacional é uma representação de um sistema produtivo que procura avaliar e otimizar um sistema em um ambiente controlado sem riscos físicos ou altos custos envolvidos (HARREL *et al.*, 2000). Para realizar um projeto de simulação, são necessárias três fases: concepção, implementação e análise de resultados. Na fase de concepção é necessário criar uma representação conceitual para se entender o que será simulado, na fase de implementação é onde se transcreve o modelo conceitual para um programa de simulação e na fase de análise de resultados é onde se valida se o modelo computacional programado é uma representação do sistema real (CHWIF; MEDINA, 2010). Neste estudo a fase de concepção corresponde a modelagem conceitual, a fase de implementação corresponde a modelagem computacional e a fase de análise de resultados é a etapa final da modelagem computacional.

2.2.2.1 Modelagem Conceitual

Um modelo conceitual bem estruturado é facilmente compreendido e contém todos os detalhes necessários para replicar um processo próximo à realidade durante a simulação. Existem diferentes técnicas disponíveis para estruturar um modelo conceitual de processo, como o *Integrated Definition Methods Simulation* (IDEF-SIM), diagrama de fluxo do processo, diagrama de fluxo lógico ou redes de Petri (ROBINSON, 2004; LEAL *et. al.*, 2008).

Neste trabalho, optou-se pela técnica do IDEF-SIM que é um método utilizado para elaborar modelos conceituais em processos de simulação. Com essa técnica, é possível representar todo o sistema produtivo, tornando muitas vezes um mapeamento complexo em um perfil de fácil entendimento para a modelagem computacional (MONTEVECHI, 2007). O IDEF-SIM é capaz de representar ambientes e possui símbolos característicos e de fácil compreensão. A linguagem do IDEF-SIM e seus elementos podem ser vistos no Anexo A.

Após a construção de um modelo conceitual é necessário realizar uma validação para garantir que o modelo reflete o processo real. Para validar um modelo conceitual é crucial envolver os *stakeholders* e especialistas do sistema durante o processo de validação, pois eles têm um conhecimento aprofundado sobre a operação e comportamento do sistema. Isso pode incluir a utilização de técnicas como revisão por pares, discussões de grupo e entrevistas. Adicionalmente, é recomendado comparar o modelo com outros modelos ou teorias aceitas, observar o comportamento do sistema real e compará-lo com o comportamento do modelo e usar a lógica e o julgamento para avaliar a plausibilidade e relevância do modelo (SARGENT, 2011).

2.2.2.2 Modelagem Computacional

Para desenvolver o modelo computacional, primeiro é necessário definir qual o *software* de simulação computacional será utilizado, após a escolha, o modelador inicia a construção do modelo pelas partes mais básicas até chegar no modelo final (HILLIER; LIEBERMAN, 2006). No presente estudo será utilizado um *software* de simulação de eventos discretos. A simulação de eventos discretos consiste em modelar os processos de um determinado sistema onde cada um dos eventos discretos ocorrerá de forma instantânea em diferentes tempos e que podem ocasionar em uma alteração do estado do sistema (ROBINSON, 2004).

O modelo computacional precisa ser verificado para garantir que o modelo computacional foi implementado corretamente, refletindo com precisão as especificações e intenções originais do modelador. Para realizar a verificação, é essencial a colaboração com especialistas no assunto em questão. Esses especialistas podem avaliar se o modelo representa fielmente o sistema ou fenômeno real que está sendo simulado. Consultar especialistas no domínio de aplicação ajuda a identificar inconsistências, ambiguidades ou omissões que podem ter sido inadvertidamente introduzidas durante o desenvolvimento do modelo. Assim, a verificação se torna uma combinação de avaliação técnica e avaliação baseada em conhecimento especializado, garantindo que o modelo seja uma representação confiável do sistema em estudo (SARGENT, 2011).

O modelo computacional também precisa ser validado não só com inferências dos tomadores de decisão, mas por meio estatístico (PRITSKER, 1997) Um número inicial de ciclos de simulação é fundamental para garantir a precisão dos dados obtidos (CHWIF; MEDINA, 2010). A Equação 3 nos ajuda a determinar o número de ciclos de simulação dentro da precisão desejada. A precisão (h) é representada pela Equação 4 (CHWIF; MEDINA, 2010).

$$n^* = \left\lceil n \times \left(\frac{t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}}}{h^*} \right)^2 \right\rceil \quad (3)$$

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Onde: n^* é o número de rodadas de simulação ideal para a precisão determinada; n é o número inicial de rodadas de simulação utilizado; $t_{n-1, \alpha/2}$ é a distribuição t de Student para $n-1$ graus de liberdade e um nível de significância de $\alpha/2$; s é o desvio padrão dos resultados gerados a partir das rodadas de simulações preliminares; h^* é a precisão desejada.

A validação requer a comparação dos *outputs* do modelo com os dados reais, usando o número de replicações da Equação 3. A Equação 4 mede a diferença entre a média dos resultados simulados e reais. O modelo é considerado válido se o resultado da Equação 5 incluir o número 0 no intervalo. Se o intervalo tiver dois valores positivos ou negativos, o modelo é considerado inválido (CHWIF; MEDINA, 2010).

$$\text{Intervalo} = X_s - X_r \pm \left(t_{n-1, \alpha/2} \times \sqrt{\frac{sd}{n}} \right) \quad (5)$$

Onde: X_s é a média do resultado da variável a ser analisada a partir das rodadas de simulação; X_r é a média do resultado da variável a ser analisada a partir do sistema real; $t_{n-1, \alpha/2}$ é a distribuição t de Student para $n-1$ grau de liberdade e um nível de significância de $\alpha/2$; sd é o desvio padrão da diferença entre o sistema real e o simulado; n é o número de observações simuladas, que são iguais ao número de observações dos dados reais.

2.2.3 Comparação de Layouts

Comparar os *layouts* alternativos com o *layout* atual é uma etapa crucial para avaliar a eficácia de mudanças propostas. Ao comparar os *layouts* se está efetivamente avaliando o impacto potencial das mudanças antes de implementá-las na prática (CHWIF; MEDINA, 2010).

Os *layouts* alternativos são definidos com base na etapa da seção 2.2.1.3. Qualquer mudança proposta é replicada no modelo computacional e resulta em novas simulações. Estas simulações devem ser submetidas a verificações estatísticas para avaliar o impacto dessas

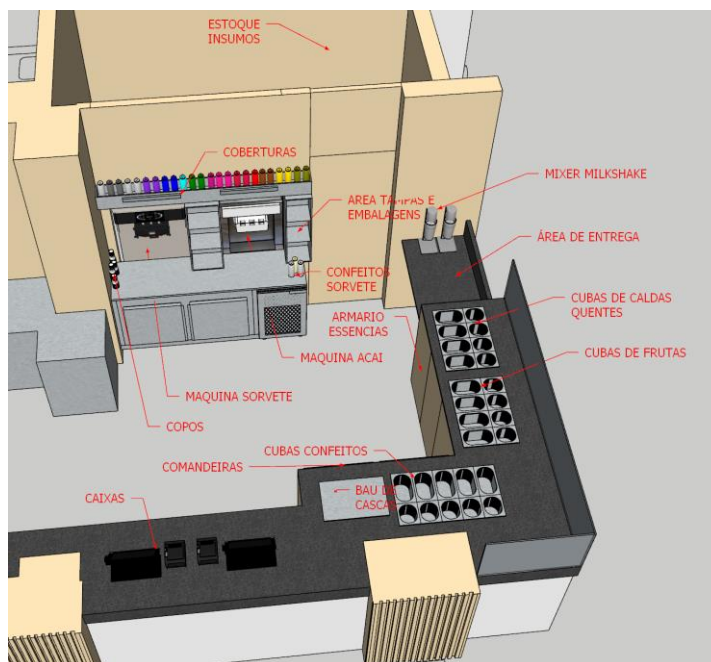
mudanças nos resultados (LAW; KELTON, 2000). A Equação 5 é empregada para comparar os resultados dos experimentos com a realidade e determinar as diferenças entre experimentos.

Com base nos resultados experimentais, análises com os especialistas da empresa são conduzidas para orientar as decisões. É crucial avaliar a viabilidade das alterações sugeridas, focando em indicadores como taxa de produção, *lead time*, distância percorrida e ociosidade (LIN; SHARP, 1999; LIKER, 2005).

3. Resultados

A empresa em análise, do setor de sorveterias, enfrenta desde sua inauguração um desafio significativo: um gargalo na montagem de sobremesas. Este problema não só provoca extensas filas de espera, mas também acarreta perdas financeiras devido a oportunidades de venda perdidas. Esse impacto é visível quando potenciais clientes optam por não entrar no estabelecimento, desencorajados pelas longas filas. Dada a ineficiência identificada, optou-se por estudar o processo de montagem. Atualmente, esse processo envolve cinco operadores, dos quais dois atuam como caixas e três na montagem, distribuídos em quinze estações de trabalho, conforme ilustrado no modelo 3D na Figura 5.

Figura 5 – Layout atual de montagem de sobremesas

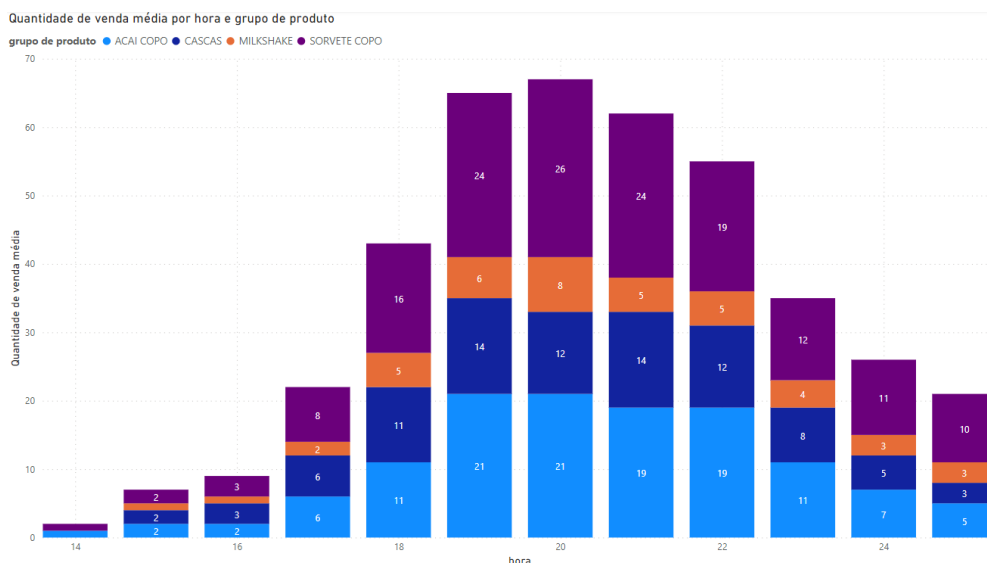


Fonte: Elaborado pelo autor

A demanda considerada para o estudo será a dos dias de finais de semana (sextas, sábados e domingos) onde há picos de demanda e o gargalo é muito mais evidente. Considerar a demanda de cada produto do cardápio fará com que este estudo tenha um grau de complexidade muito elevado e isso não é necessário visto que os produtos podem ser agrupados em quatro grupos que compartilham processos similares. Com base em dados disponibilizados

pela empresa, a demanda média por hora, nos dias de alta demanda, categorizada por grupo de produto é demonstrada na Figura 6.

Figura 6: Quantidade média de vendas por hora e grupo de produto



Fonte: Disponibilizado pela empresa analisada.

O gráfico de barras (Figura 6) revela que o Sorvete no copo domina as vendas em quase todas as faixas horárias observadas, iniciando às 14h e finalizando às 24h, com o Açaí no copo seguindo como o segundo mais popular. Nota-se uma tendência de crescimento nas vendas a partir das 18h, alcançando o ápice às 20h. Após este horário, há uma redução progressiva, mas ainda significativa, até as 22h, antes de uma queda acentuada às 24h, devido ao encerramento das atividades comerciais e à redução natural do fluxo de clientes no período noturno. O menor interesse por estes produtos é às 14h, evidenciando que este não é um horário de pico para tais aquisições.

3.1. Mapeamento do Processo

O início do estudo consiste em realizar um mapeamento do processo para auxiliar a identificação de perdas. O primeiro passo para realizar o mapeamento do processo consiste em desenhar o fluxo com a notação BPMN para cada grupo de produto. O desenho do fluxo ajuda a entender as operações de montagem de cada produto dos grupos tornando mais visível e ordenada cada etapa e os fluxos de materiais e informações. Os desenhos dos fluxos na notação BPMN são apresentados no Apêndice A. É perceptível que há compartilhamento de etapas entre todos os grupos de produtos, como o registro de pedido no caixa e o processo de entrega de produto.

Para determinar o tempo das operações de montagem dos produtos, foi realizada uma cronoanálise de cada etapa de montagem de cada produto. A mensuração do tempo foi feita pela observação de filmagens do circuito interno de segurança. Os dados coletados para

montagem foram armazenados em uma planilha em *MS excel*. Foi definido uma amostra inicial de dez medidas para cada operação, uma precisão de 10% para a informação utilizada e um grau de confiança de 95% para o cálculo da amostra final. Após a coleta das primeiras dez amostras foi calculado o número de amostras necessárias conforme a Equação 1. A identificação de *outliers* foi realizada conforme a Figura 2 e os *outliers* foram removidos Da amostra. Os tempos de cada etapa do processo estão disponíveis no Apêndice B.

Com os tempos coletados e a planta baixa fornecida pela empresa foi possível construir a carta de processo para cada grupo de produto. A carta de processo é uma ferramenta que auxilia a identificar as perdas do processo ao categorizar as etapas em operação, transporte, estoque, espera e inspeção. O resumo de cada carta de processo pode ser visto na Tabela 1. As cartas de processo para cada grupo de produto pode ser vista no Apêndice C.

Tabela 1 – Resumo das cartas de processo por grupo de produto

Grupo	Categoria	Operação	Transporte	Espera	Totais
Copo de Sorvete	Tempo médio (s)	123	27	24	174
	Distância (m)		15		15
Açaí	Tempo médio (s)	123	25	24	170
	Distância (m)		14		14
Casca	Tempo médio (s)	89	19	24	132
	Distância (m)		6		6
Milkshake	Tempo médio (s)	169	25	24	217
	Distância (m)		13		13
Total	Tempo (s)	504	96	96	693
	Distância (m)		48		48

Fonte: Elaborado pelo autor

Avaliando os dados da tabela, verifica-se que em todos os produtos há uma parcela significativa do consumo de tempo por espera e transporte nos processos de montagem, o que indica oportunidades de melhoria nestes pontos. Isso é perceptível no momento da operação devido a intensa movimentação dos operadores de montagem para a realização de transportes e uma grande espera que acontece no momento da entrega do produto, onde o operador chama o cliente pela senha e aguarda o cliente chegar. Para entender como há tanto transporte na operação de montagem dos itens, foi feito um Diagrama de Espaguete (Apêndice F). O Diagrama de Espaguete consiste em traçar uma linha por onde o operador se movimenta ao realizar o processo definido.

Para finalizar a primeira etapa de mapeamento do processo atual, são definidos, medidos e/ou calculados os indicadores relevantes para análise. Neste estudo será feito o cálculo dos indicadores de tempo do cliente no sistema e *lead time* médio do processo atual, para comparar com os futuros *layouts* desenvolvidos. Estes dois indicadores foram escolhidos pois eles são indicadores importantes para aumentar a agilidade e velocidade do atendimento.

Para realizar o cálculo do indicador de *lead time* são considerados os *leads time* dos grupos de produtos desde o momento do faturamento do pedido até a entrega dele. Conforme o conceito de *lead time* (Figura 3) e a carta de processo dos grupos de produtos (Apêndice C), o *lead time* médio da montagem de sobremesas é de 114 segundos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do *lead time* médio

Produto	Tempo entre faturamento do pedido e entrega para o cliente (segundos)
Copo de Sorvete	114
Copo de Açaí	112
Cascas	72
Milkshake	158
Média	114

Fonte: Elaborado pelo autor

Para mensurar o indicador de tempo do cliente no sistema serão considerados os tempos totais desde que o cliente começa o pedido até o momento da entrega. Novamente se utilizará a carta de processo dos grupos de produtos (Apêndice C) e calcula-se a média dos tempos totais dos produtos, o que resulta em um tempo médio do cliente no sistema de 173,25 segundos.

Para complementar a análise das perdas gerada com as cartas de controle foi a classificação das 7 perdas do Sistema Toyota de Produção. Estas são classificadas em superprodução, espera, transporte, processamento desnecessário, inventário excessivo, movimentação excessiva e defeitos (OHNO, 1997).

No processo em análise, não há uma perda perceptível por superprodução já que os produtos são feitos apenas após o pedido ter sido confirmado, portanto, não é feita uma produção antecipada à demanda. Existe a perda por inventário excessivo, porém foi relatado pelo gerente de compras da empresa que é o mínimo de estoque possível devido a rotina de entrega do fornecedor, portanto esta perda não irá ser trabalhada. A taxa de defeitos costuma ser próxima de zero, tendo um acréscimo somente quando a empresa contrata um funcionário

novo e este ainda não tem o conhecimento total dos produtos, portanto a perda por defeitos também não é significativa.

Já as perdas por espera, transporte e movimentação excessiva são as mais visíveis e com maiores oportunidades de melhoria. A perda por espera ocorre principalmente pelo motivo de o cliente não estar presente no local de entrega do produto no momento da entrega, fazendo o operador da montagem ficar esperando o cliente chegar após ter sido chamado pela senha. A perda por transporte e movimentação excessiva é visível quando a produção está sendo feita e é comprovada a partir das cartas de processo. O posicionamento dos setores e o fato de todos os operadores de montagem produzirem todos os pedidos faz com que os operadores tenham que ficar se movimentando por cada etapa de montagem do produto.

Para quantificar estas perdas foram calculados os indicadores de ociosidade e distância percorrida. Estes são os indicadores que melhor traduzem as perdas por transporte e movimentação excessiva. A ociosidade refere-se ao tempo não aproveitado, durante o qual os recursos estão inativos. Neste estudo, será medido a ociosidade em termos horários. Considerando que cada operador de montagem dispõe de 3.600 segundos por hora e temos 3 operadores, o tempo total disponível é de 10.800 segundos por hora. Para determinar a utilização dos recursos, foi analisada a média de vendas por hora multiplicada pelo tempo necessário para produzir cada item contando com o tempo para realizar a operação e o tempo de movimentação, conforme identificado na cronoanálise. A ociosidade média encontrada é de 40,00%. Contudo, devido à alta demanda entre 19h e 22h, o tempo necessário para produção excede o disponível de 10.800 segundos, causando atrasos nas entregas. Especificamente, às 19h são necessários 11.712 segundos, às 20h são 12.274 segundos e às 21h são 11.114 segundos para a produção. Os resultados dos cálculos podem ser conferidos na Tabela 3. O indicador de distância percorrida também já está identificado na Tabela 1 sendo igual a 48 metros de movimentação na montagem dos produtos.

Tabela 3 – Ociosidade do *layout* atual

Hora	Quantidade venda média por hora (unidades)				Tempo Necessário (segundos)	Utilização	Ociosidade
	Açaí Copo	Cascas	Milkshake	Sorvete Copo			
15:00	2	2	1	2	1.252	12%	88%
16:00	2	3	1	2	1.390	13%	87%
17:00	6	6	3	8	4.134	38%	62%
18:00	11	11	5	16	7.716	71%	29%
19:00	21	14	6	24	11.712	100%	0%
20:00	21	12	8	26	12.274	100%	0%
21:00	19	14	5	24	11.114	100%	0%
22:00	19	12	5	19	9.893	92%	8%
23:00	11	8	4	12	6.316	58%	42%
00:00	7	5	3	11	4.747	44%	56%
01:00	5	3	3	10	3.914	36%	64%

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3. Propostas de Melhorias

Para abordar a questão das perdas por espera, movimentação e transporte, foram avaliadas modificações no *layout* atual: (i) alocando um operador exclusivamente para a entrega de produtos; (ii) adequação de um *layout* em linha e (iii) adequação de *layout* celular focado no produto. Na Figura 7 são apresentadas as propostas de *layout* e as perdas impactadas pelas propostas.

Figura 7 – Perdas impactadas pelas propostas de *layout*

PROPOSTA	PERDAS IMPACTADAS	MUDANÇA DE <i>LAYOUT</i> ?
1 - Adição de operador de entrega	Perda por espera	NÃO
2 - <i>Layout</i> em linha	Perda por espera, transporte, movimentação excessiva	SIM
3 - <i>Layout</i> celular focado no produto	Perda por espera, transporte, movimentação excessiva	SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

Na primeira alternativa de modificação, focada em perda por espera e sem alteração de *layout*, os operadores de montagem focarão na produção e um novo operador de entrega se encarregará de chamar o cliente, aguardá-lo e entregar-lhe o produto. Isso permite que os operadores de montagem se mantenham contínua e exclusivamente na produção de novos itens.

Para agir em cima das perdas de espera, transporte e movimentação excessiva, foram propostos dois novos *layouts* para a montagem de produtos. O primeiro é a proposição de um *layout* em linha, onde serão criadas células de trabalho e os operadores terão locais fixos de trabalho. O desenho deste *layout* pode ser visto no Apêndice H. A criação deste primeiro *layout* busca a redução máxima de movimentação de operador pela área de montagem. A ideia é que os pedidos sejam enviados via sistema para as impressoras de comanda, onde serão impressas etiquetas que serão coladas no copo ou no suporte da casca com as informações sobre qual produto, sabor, tamanho, opcionais. A partir dessa identificação, o produto segue o fluxograma normal de montagem dele, com diferença que terão operadores fixos nas posições:

- i. Nas cubas de caldas atrás das máquinas de sorvete e açaí: estes operadores terão a tarefa de colar a etiqueta no produto e fazer todas as etapas de montagem no produto até a primeira adição de sorvete ou açaí no produto. Quando pronto, colocarão o produto na área de espera e então o produto será direcionado para as máquinas de sorvete e açaí.
- ii. Nas máquinas de sorvete e açaí: terá um operador em cada máquina e a função destes operadores é adicionar ao produto o sorvete ou açaí. No caso do *milkshake*, o operador da máquina de sorvete vai adicionar o leite também. No caso do produto copo de açaí, cabe a este operador da máquina de açaí adicionar os confeitos intermediários do copo. quando pronto, os operadores desta área colocarão os produtos na ilha de cubas em frente as máquinas de sorvete e açaí.
- iii. Na ilha de cubas em frente as máquinas de sorvete e açaí: Nesta ilha será feita toda a finalização do produto, que é a adição de confeitos, caldas, frutas e tudo que vai na última etapa de montagem do produto. No caso do *milkshake*, cabe a este operador adicionar a essência e misturar todos os produtos no *mixer*. Quando pronto, os produtos desta ilha serão direcionados a área de entrega.
- iv. Na área de entrega: nesta área terá um operador que será responsável por adicionar as embalagens finais no produto (Colher, tampa, canudo). Este operador também será responsável por fazer todo o processo de entrega, ou seja, chamar, aguardar e conferir a senha do pedido.

A segunda proposta de alteração de *layout* é um *layout* celular com uma estação de trabalho única onde todas as operações das estações de trabalho do *layout* atual serão realizadas por apenas um operador e este operador irá fazer todos os produtos. Este segundo *layout* surgiu da proposta de reduzir ao máximo a movimentação de produtos na área de montagem: com um

operador fixo para a montagem de produtos que envolvam a máquina de sorvete (copo de sorvete, *milkshake* e cascas) e um operador fixo na montagem dos produtos que envolvam a máquina de açaí (copo de açaí). Essa proposta objetiva reduzir as movimentações de produto e as movimentações de operador. Porém isso impactará na capacidade de produção, pois serão utilizadas somente duas máquinas, o que orienta a simulação da operação com mais máquinas de sorvete ou açaí se a demanda de produto não for atendida. Este segundo *layout* pode ser visto no Apêndice I.

3.4. Construção do modelo IDEF-SIM

Nesta etapa do projeto, foi elaborado um modelo conceitual com base na linguagem IDEF-SIM, conforme especificado na seção 2.2.2.1 do método. Os dados usados para essa modelagem provêm da etapa 3.1 e o referido modelo IDEF-SIM pode ser visualizado no Apêndice D. Posteriormente, o modelo foi submetido à validação por especialistas no processo, incluindo o gerente da loja, operadores de montagem e operadores de caixa. Esses profissionais analisaram aspectos como fluxo, recursos, entidades e locais detalhados no modelo, confirmando sua precisão em representar a realidade do processo. Com essa validação, deu-se início à elaboração do modelo computacional, que será detalhado na etapa seguinte.

3.5. Construção do Modelo Computacional

Durante esta fase do projeto, foi executada a simulação computacional do processo em questão. O *ProModel* foi escolhido pelo autor como a ferramenta de Simulação de Eventos Discretos. O ponto de partida é a criação de um modelo computacional representando a situação presente. Utilizando-se do modelo conceitual desenvolvido na etapa 3.4, programam-se os componentes do modelo e a dinâmica do fluxo de materiais e informações do sistema em estudo. A representação gráfica do *layout* atual no modelo computacional está disponível no Apêndice G.

Na simulação inicial, é preciso estabelecer de forma estatística o total de rodadas necessárias para a simulação. Optou-se por simular um dia de vendas replicado dez vezes como amostra inicial, e para determinar o número adequado de replicações, aplicou-se a Equação 3, descrita na seção 2.2.2.2. Como medidor de precisão foram utilizadas as quantidades totais de produtos produzidos nos dias de simulação que estão apresentadas na Figura 8.

Figura 8 – Quantidades produzidas primeiras replicações

Replicação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quantidade Produzida	436	444	488	482	490	415	515	455	442	403

Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando os dados de produção obtidos nas replicações iniciais, procedeu-se à aplicação da Equação 4, conforme detalhado na seção 2.2.2.2, resultando em uma precisão de 25,63% para a amostra inicial. Visando alcançar uma precisão de 5% em seus dados, o autor recorreu à Equação 3, cujo resultado indicou a necessidade de realizar um total de 52 replicações para atingir o nível de precisão desejado.

Concluídas as 52 replicações, tornou-se necessário validar se o modelo computacional estava de fato representando adequadamente o processo real. Para tal, recorreu-se à Equação 5, exposta na etapa 2.2.2.2 do método de trabalho. Os resultados médios de saída dos produtos, e os desvios padrões após as 52 rodadas, estão ilustrados na Tabela 4. Já a Figura 9 exibe os resultados obtidos com a aplicação da Equação 5, utilizada especificamente para a validação do modelo computacional.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das quantidades produzidas nas 52 replicações

Grupo de Produto	Quantidade Média Produzida (unidades)	Desvio Padrão da Quantidade Produzida (unidades)
Casquinha	98,85	12,11
Copo Açaí	134,37	15,69
Copo de Sorvete	171,71	19,73
Milkshake	45,10	7,93
Total	450,03	48,96

Fonte: Elaborado pelo autor

Para validar o modelo, é imprescindível que o Intervalo de Confiança (IC) inclua o valor 0. Na situação descrita, procedeu-se à comparação entre os dados extraídos do Apêndice E, que contempla 52 dias de demanda de produtos registrados no histórico da empresa, e os resultados das 52 replicações realizadas. Todas as variáveis de produção de produtos se mostraram válidas, ratificando assim a adequação do modelo computacional para representar o processo real. Isso indica que experimentações realizadas no modelo são capazes de orientar modificações efetivas no processo real.

Figura 9 – Validação do modelo computacional pela diferença entre dados reais e simulados

	ACAI COPO	CASCAS	MILKSHAKE	SORVETE COPO
Média da Diferença	-1,211538462	3,865384615	1,442307692	4,423076923
Desvio Padrão	22,92043915	17,70125602	10,91394765	26,51625188
IC Superior	5,169552547	8,79344576	4,480770122	11,80524859
IC Inferior	-7,59262947	-1,062676529	-1,596154738	-2,959094742
Validação	Validado	Validado	Validado	Validado

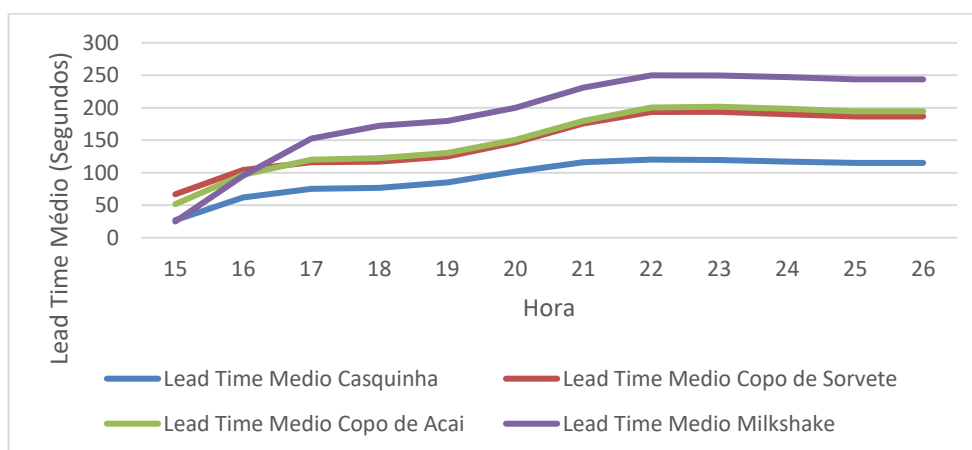
Fonte: Elaborado pelo autor

3.6. Comparação de Layouts

Com o modelo computacional validado e verificado os experimentos que visam atingir os objetivos propostos podem ser realizados. Foi realizada a simulação de 3 cenários que foram definidos na etapa 3.3 deste estudo. Os experimentos consistem em: adicionar um operador para entrega dos itens produzidos, reestruturar um *layout* em linha, reestruturar um *layout* celular centralizado.

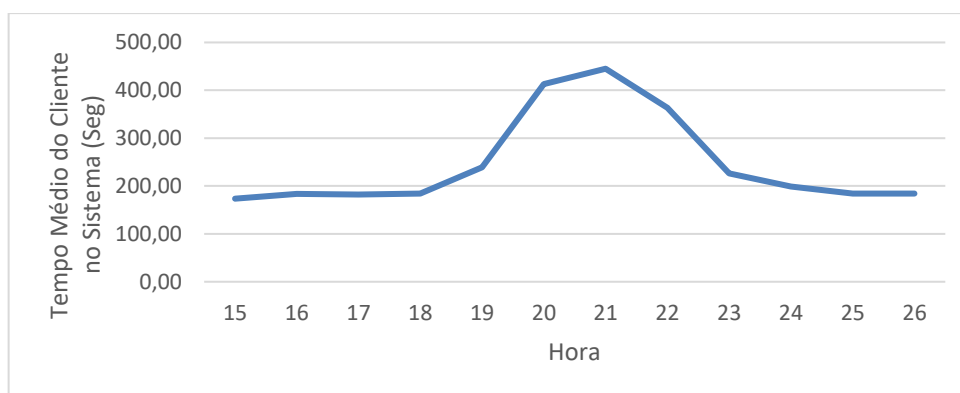
O objetivo central deste estudo é aumentar a eficiência nas entregas ao cliente. Para assegurar que essa meta seja alcançada, os indicadores focados serão os *leads time* médios dos produtos e o tempo médio do cliente no sistema, abrangendo o momento desde sua entrada na fila de pedidos até a retirada do item adquirido. Além disso, será avaliada a ociosidade dos operadores visando a otimização de recursos. Os indicadores referentes ao *Layout* atual encontram-se ilustrados na Figura 10, 11 e 12.

Figura 10 – Lead time médio layout atual

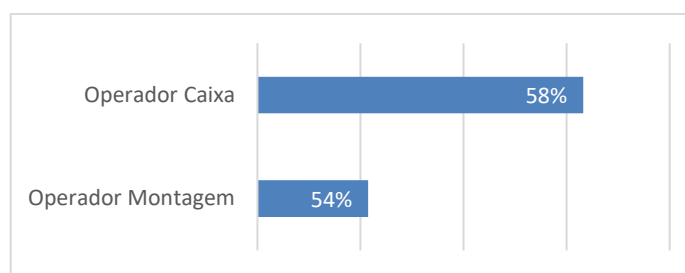


Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 – Tempo médio do cliente no sistema layout atual



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 – Ociosidade por operador *layout* atual

Fonte: Elaborado pelo autor

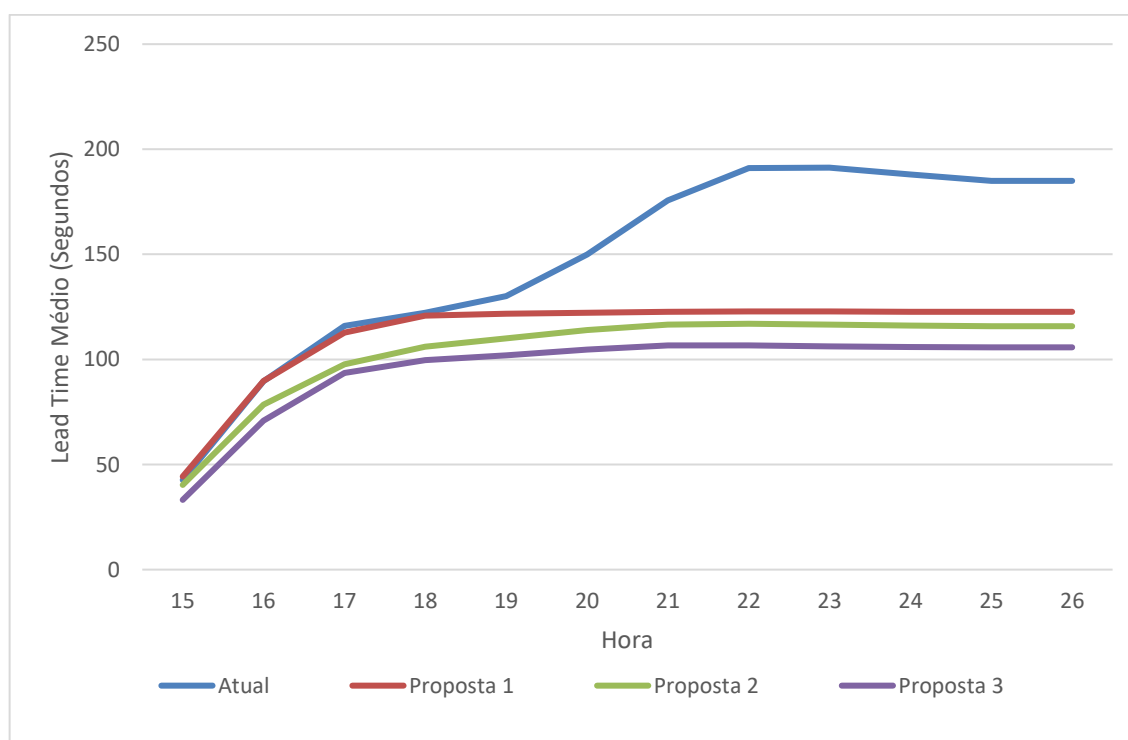
Na primeira proposta introduziu-se um operador dedicado exclusivamente à etapa de entrega do produto. Tal ação contribuiu para a diminuição das perdas associadas à espera no sistema, embora tenha resultado em um incremento nos custos relacionados à mão de obra. Como consequência direta dessas mudanças, registrou-se uma queda de 23,68% no *lead time* geral (abrangendo todos os produtos), uma redução de 10,22 segundos no tempo médio do cliente no sistema, um aumento de 13,41% na ociosidade do operador responsável pela montagem e uma ociosidade de 91,5% por parte do novo operador de entrega. Esses resultados evidenciam que a implementação de um operador exclusivo para a entrega viabiliza o alcance dos objetivos gerais e específicos propostos neste estudo, mesmo que isso implique em um aumento nos custos com pessoal.

Na segunda alternativa proposta, adotou-se um *layout* em linha, em que os três operadores de montagem permanecem fixos em postos de trabalho pré-definidos, enquanto o produto segue um fluxo contínuo entre essas áreas. Assim como na primeira proposta, inseriu-se um operador exclusivo para a entrega dos produtos, acarretando aumento nos custos com mão de obra. Outra mudança significativa nessa proposta é a eliminação da necessidade de o operador de caixa deslocar-se até as comandeiras para registrar os pedidos, visto que agora estes são impressos diretamente na linha de produção. O objetivo desse novo *layout* é minimizar as perdas relacionadas a espera, movimentação excessiva dos operadores e transporte. Os resultados obtidos com essa proposta incluem uma redução de 29,57% no *lead time* geral, diminuição de 33,07% no tempo médio do cliente no sistema, aumento de 5,71% na ociosidade do operador de caixa, acréscimo de 19,44% na ociosidade do operador de montagem e 87,04% de ociosidade para o novo operador de entrega. Esses indicadores apontam que o novo *layout* proporciona melhores resultados na busca pelos objetivos deste estudo em comparação à primeira proposta, embora resulte em uma maior ociosidade dos operadores, indicando que o *layout* tem potencial para ser mais bem aproveitado em situações de maior demanda. Vale ressaltar que este *layout* é o que exige maiores custos de reformas para adequação dele no local.

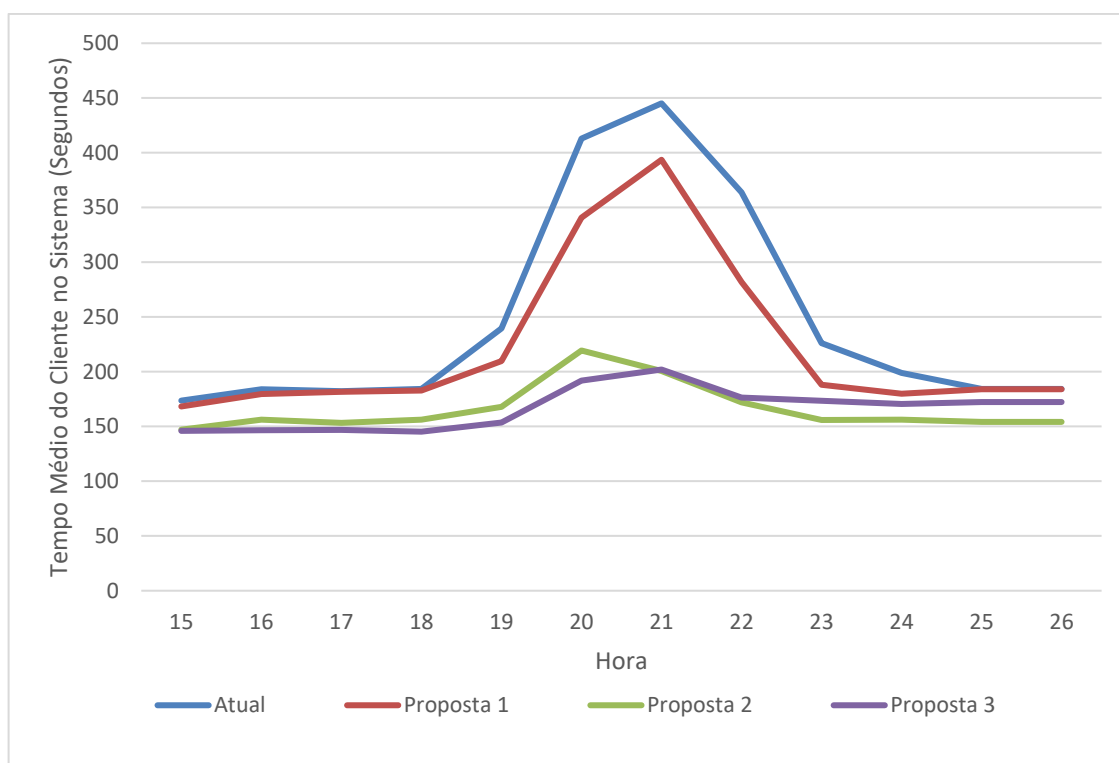
A terceira e última proposta apresenta um *layout* celular, no qual as estações de trabalho estão todas acessíveis pelo operador de montagem, reduzindo drasticamente as perdas por movimentação. Um diferencial importante desta proposta é a realocação de um dos três operadores de montagem para a função exclusiva de entrega de produtos, otimizando o uso da mão de obra disponível e representando um avanço significativo em relação às propostas anteriores. Assim como na proposta anterior, o operador de caixa não precisa se deslocar até as comandeiras, pois os pedidos são impressos diretamente na linha de produção. Os resultados alcançados com essa configuração incluem uma redução de 35,43% no *lead time* geral, uma diminuição de 32,94% no tempo médio do cliente no sistema, um aumento de 8,98% na ociosidade do operador de caixa, um acréscimo de 12,74% na ociosidade do operador de montagem e 88,30% de ociosidade para o novo operador de entrega. Estes indicadores sugerem que a terceira proposta atinge os objetivos do estudo de forma tão eficaz quanto a segunda, porém com custos de reforma significativamente menores, embora também necessite de maior demanda para um aproveitamento ótimo.

As Figuras 13, 14 e 15 apresentam os resultados das três propostas em comparação ao *layout* atual, enquanto a Figura 16 e a Figura 17 oferece um panorama comparativo entre elas, ressaltando os aspectos cruciais e os custos relacionados a cada uma, proporcionando uma visão integrada para embasar a decisão sobre qual alternativa adotar.

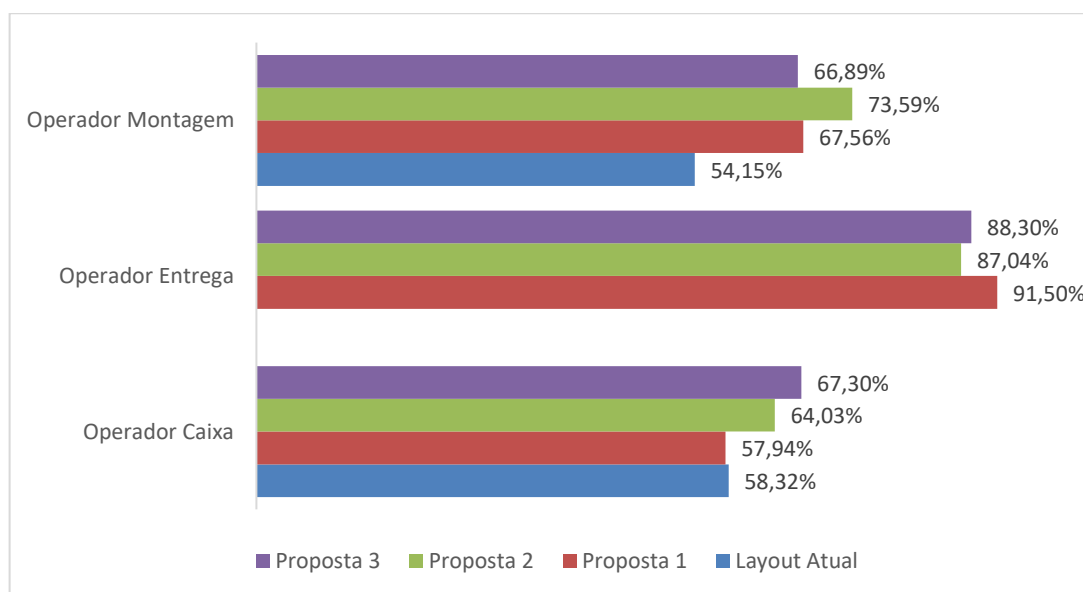
Figura 13 – *Lead time* médio geral propostas X *layout* atual



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Tempo médio do cliente no sistema propostas X *layout* atual

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Ociosidade por cargo propostas X *layout* atual

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Resumo dos indicadores

Indicador	Layout Atual	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3
Lead Time Geral	147,21	112,34	103,68	95,05
Tempo Médio do Cliente no Sistema	248,23	222,84	166,13	166,45
Ociosidade Op. Montagem	58,32%	57,94%	64,03%	67,30%
Ociosidade Op. Caixa	54,15%	67,56%	73,59%	66,89%
Ociosidade Op. Entrega		91,50%	87,04%	88,30%

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 – Diferença nos indicadores em relação ao *layout* atual

Indicador	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3
Lead Time Geral	● -23,68%	● -29,57%	● -35,43%
Tempo Médio do Cliente no Sistema	● -10,23%	● -33,08%	● -32,94%
Ociosidade Operador de Montagem	● 13,41%	● 19,44%	● 12,74%
Ociosidade Operador de Caixa	● -0,38%	● 5,71%	● 8,98%
Ociosidade Operador de Entrega	91,50%	87,04%	88,30%
Custo Adequação	Baixo	Alto	Médio
Custo Mão de Obra	Aumenta	Aumenta	Mantém

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o objetivo de efetuar uma avaliação estatística das diferenças entre os resultados do *layout* atual e das alternativas propostas neste estudo, faz-se necessário aplicar a Equação 5. Os resultados obtidos por meio dessa comparação são ilustrados na Figura 18.

Figura 18 – Comparação entre o *layout* atual x propostas

Indicador	Proposta 1			Proposta 2			Proposta 3		
	IC		Resultado	IC		Resultado	IC		Resultado
Lead Time Geral	30,78	33,77	Há Diferença	39,66	42,59	Há Diferença	48,02	50,99	Há Diferença
Tempo do cliente no sistema	-85,27	-81,19	Há Diferença	-25,34	-22,16	Há Diferença	-21,20	-17,75	Há Diferença

Fonte: Elaborado pelo autor

Para verificar se existe diferença entre as propostas analisadas, também se faz necessário aplicar a Equação 5. Os resultados da comparação de diferenças entre as propostas deste estudo podem ser vistos nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 – Comparação entre a proposta nº 1 x demais

Indicador	Proposta 2			Proposta 3		
	IC		Resultado	IC		Resultado
Lead Time Geral	8,15	9,55	Há Diferença	16,52	17,94	Há Diferença
Tempo do cliente no sistema	-57,41	-54,63	Há Diferença	-53,21	-50,29	Há Diferença

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – Comparação entre a proposta nº 2 x proposta nº 3

Indicador	Proposta 3		
	IC		Resultado
Lead Time Geral	5,93	7,11	Há Diferença
Tempo de Atendimento Médio	-2,49	0,39	Não Há Diferença

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a empresa analisada neste estudo, a terceira proposta foi indicada como a melhoria ideal diante do objetivo deste trabalho. Essa alternativa se destaca ao apresentar um dos melhores resultados em termos de redução do *lead time* geral e do tempo médio do cliente no sistema, além de não requerer o maior investimento em adaptações estruturais e manter o custo com mão de obra em patamares similares aos do *layout* atual.

A ociosidade observada nesta proposta indica sua capacidade para atender demandas superiores às atuais, sugerindo que ela pode ser mantida sem necessidade de modificações futuras, mesmo diante de um aumento nas vendas. Isso representa uma vantagem significativa, pois confere à empresa a flexibilidade necessária para se adaptar a possíveis variações de mercado, sem que haja comprometimento da eficiência operacional.

Dessa forma, a terceira proposta foi identificada como a solução mais equilibrada, que alia a otimização dos processos produtivos à sustentabilidade financeira, garantindo não apenas melhorias imediatas, mas também a viabilidade a longo prazo do novo *layout*.

4. Considerações Finais

Visando avaliar e apresentar soluções eficazes para o desafio do gargalo operacional enfrentado pela empresa, foi formulada a seguinte questão de pesquisa: "Qual *layout* de montagem de produtos de sobremesas da sorveteria permite maior eficiência na entrega para o cliente?" A fim de responder a essa indagação, optou-se por adotar a Simulação de Eventos Discretos, uma metodologia embasada na literatura, capaz de avaliar distintos *layouts* e replicar o processo real, garantindo a relevância dos experimentos para uma tomada de decisão.

O intuito principal deste estudo consistiu em desenvolver e implementar simulações computacionais para confrontar diversas configurações de *layout* na montagem das sobremesas. Os objetivos específicos centraram-se em diminuir o impacto dos gargalos na operação em análise e encurtar os tempos de produção, deslocamento e entrega. Felizmente, tanto o objetivo geral quanto os específicos foram plenamente alcançados: nas três propostas de *layout* examinadas, foi possível efetuar simulações computacionais e diminuir os indicadores de *lead time* em até 35%, bem como encurtar o tempo de entrega e, por consequência, reduzir o tempo total do cliente no sistema em 33%.

A integração entre simulação computacional e estratégias de melhorias de *layout* provou ser extremamente eficaz. Esta abordagem não apenas possibilitou fornecer respostas precisas e fundamentadas aos decisores, mas também permitiu fazê-lo sem alterar o processo real de produção. Em um cenário de mercado cada vez mais acelerado essa ferramenta se revela cada vez mais importante para o mundo corporativo.

Como medida recomendatória, aconselha-se que a empresa implemente o experimento 3 e monitore continuamente o processo a fim de validar se os resultados observados na simulação computacional se confirmam na prática. Adotando essa abordagem, a empresa terá a possibilidade de reduzir o *lead time* geral dos produtos em 35% e o tempo do cliente no sistema em 33%, mantendo sua equipe de operadores e requerendo um investimento baixo.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de um estudo detalhado de viabilidade econômica que explore a relação custo-benefício das alterações de layout propostas. Tal análise envolveria a quantificação dos custos associados à implementação das mudanças, incluindo, despesas com reestruturação física, aquisição de novos equipamentos, treinamento de pessoal, e possíveis interrupções da produção durante o período de transição. Paralelamente, seria essencial calcular o Retorno sobre Investimento (ROI), projetando os ganhos de eficiência operacional em termos de redução no lead time, melhoria no fluxo de trabalho e aumento na satisfação do cliente. Por meio deste estudo, seria possível não apenas justificar economicamente a escolha do layout mais eficiente, mas também fornecer um roteiro financeiro para que decisores possam avaliar o impacto das alterações propostas no desempenho financeiro global da empresa a curto, médio e longo prazo.

Referências

ABIS. **Série da Produção e Consumo de Sorvetes no Brasil**. ABIS - Associação Brasileira das Indústrias de Sorvete. Disponível em: <<https://www.abis.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Producao-e-Consumo-2003-2022-FONTE-ABIS.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2023.

ALVES, M. L. **Uma revisão bibliográfica sobre marketing de serviços voltado para a satisfação dos clientes em empresas de varejo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Graduação (Bacharelado em Administração) - Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11422/12300>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

BICHENO, J.; HOLWEG, M. **The Lean Toolbox**. 5. ed. PICSIE Books, 2020.

BRAVO, M. S. M. **Diferenciação no atendimento, uma ponte para a satisfação do cliente: o caso de um centro de serviços automotivo**. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Organização e Gestão) - Universidade Católica de Santos, Santos, 2012. Disponível em: <<https://tede.unisantos.br/handle/tede/511>>. Acesso em: 03 set. 2023.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e prática**. 3ª ed. São Paulo: Bravarte, 2010.

FERNANDES, B. M.; LONGHINI, T. M. Uso da simulação computacional para análise de atendimento de um restaurante industrial self service. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v. 12. 2021. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/732/439>. Acesso em: 17 set. 2023.

GALUNION. **Food&Tech Trends 2022 | Volume 3: Experiência e Hospitalidade**. 2022.

HARREL, C.R.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R. **Simulation using Promodel**. McGraw-Hill, 2000.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

HINES, W., MONTGOMERY, D. **Probability and Statistics in Engineering and Management Science**. 3ª ed. New York: John Wiley and Sons, 1990.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics: Third Edition**. 3. ed. Waveland Press, 2011.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling and Analysis**. 3ª ed. Boston: McGrawHill, 2000.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.; MONTEVECHI, J. **Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para simulação através de elementos do idéf**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL (SOBRAPO), 2008, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SOBRAPO, 2008.

LIN, L. C., SHARP, G. P. **Quantitative and qualitative indices for the plant Layout evaluation problem**. European Journal of Operational Research, 1999.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

MEYERS, F. E.; STEWART, J. R. **Motion and Time Study for Lean Manufacturing.** 3. Ed. Prentice Hall, 2002. 370 p.

MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A.F. de; LEAL, F. & MARINS, F.A.S. **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry.** Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 5ªed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção.** 1. ed. Bookman, 1997.

PEREIRA, I. C. **Proposta de Sistematização da Simulação para Fabricação em Lotes.** Dissertação (Mestrado em Eng. de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2000.

PRITSKER, A, A, B. **Modeling in performance-enhancing processes.** *Operations research* 45(6): 797804. Maryland, USA. 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1287/opre.45.6.797>>. Acesso em: 07 set 2023.

RAMESH, V., PRASAD, K. V. S., SRINIVAS, T. R. **Study on Implementation of One-Piece Lean Line Design Using Simulations Techniques: A Practical Approach.** *Journal of Industrial Engineering International Islamic Azad University, South Tehran Branch*, v.5, n.8, 2009.

ROBINSON, S. **Modelagem e análise de sistemas de filas: simulação por computador.** São Paulo: IMAM, 2004.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar. Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2009.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models.** In: JAIN, S.; CREASEY, R. R.; HIMMELSPACH, J.; WHITE, K. P.; FU, M. (eds.). *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference.* Syracuse: Syracuse University, 2011.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa das relações sociais.** São Paulo: Herder, 1965.

SHINGO, S. **Study of "Toyota" Production System from Industrial Engineering Viewpoint.** 1. ed. Routledge, 1981.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. 2001. Disponível em: <<https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf>>. Acesso em 03 set. 2023

SILVER, B. **Bpmn Method and Style with Bpmn Implementer's Guide: A Structured Approach for Business Process Modeling and Implementation Using Bpmn 2.** 2 ed. Nova York. Cody-Cassidy Press. 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TEIXEIRA, K. S. S. **Qualidade no atendimento: o diferencial da cooperativa de crédito Cresol na cidade de Jacinto Machado**. 2019. Artigo Científico (Especialização em Gestão de Cooperativas de Crédito), 2019. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/3635>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

VALENTE, B. C.; PAIVA, R. L.; MONTEIRO, V. O.; VIEIRA, M. M.; MUSSIO, M. P. **Aplicação da modelagem e simulação em um restaurante universitário para aumento da capacidade de atendimento**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019, Santos. 2019. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_290_1638_37659.pdf. Acesso em: 17 set. 2023.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. 2ª ed. Free Press, 2003.

Anexos e Apêndices

ANEXO A: Linguagem IDEF-SIM

Figura 22 – Linguagem IDEF-SIM

Elemento	Símbolo	Descrição do elemento
Entidade		Itens que serão processados pelo sistema, como: produtos, documentos, pessoas...
Funções		São os locais onde a entidade sofrerá alguma ação
Fluxo da entidade		Caracteriza quando a entidade entra ou sai de alguma função
Recursos		Representam o que temos disponível para movimentar entidades e executar funções
Controles		Regras utilizadas nas funções
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		Regra E: após esta função os caminhos podem ser executados juntos
		Regra OU: após esta função os caminhos são alternativos
		Regra E/OU: permitindo ambas as regras
Movimentação		Representa o deslocamento de uma entidade
Informação		Inserir alguma explicação necessário no modelo
Fluxo de entrada no sistema modelado		Define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo
Ponto final		Define o final do fluxo modelado
Conexão		Utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes

Fonte: LEAL *et al.* (2008)

ANEXO B: Indicadores de Processo

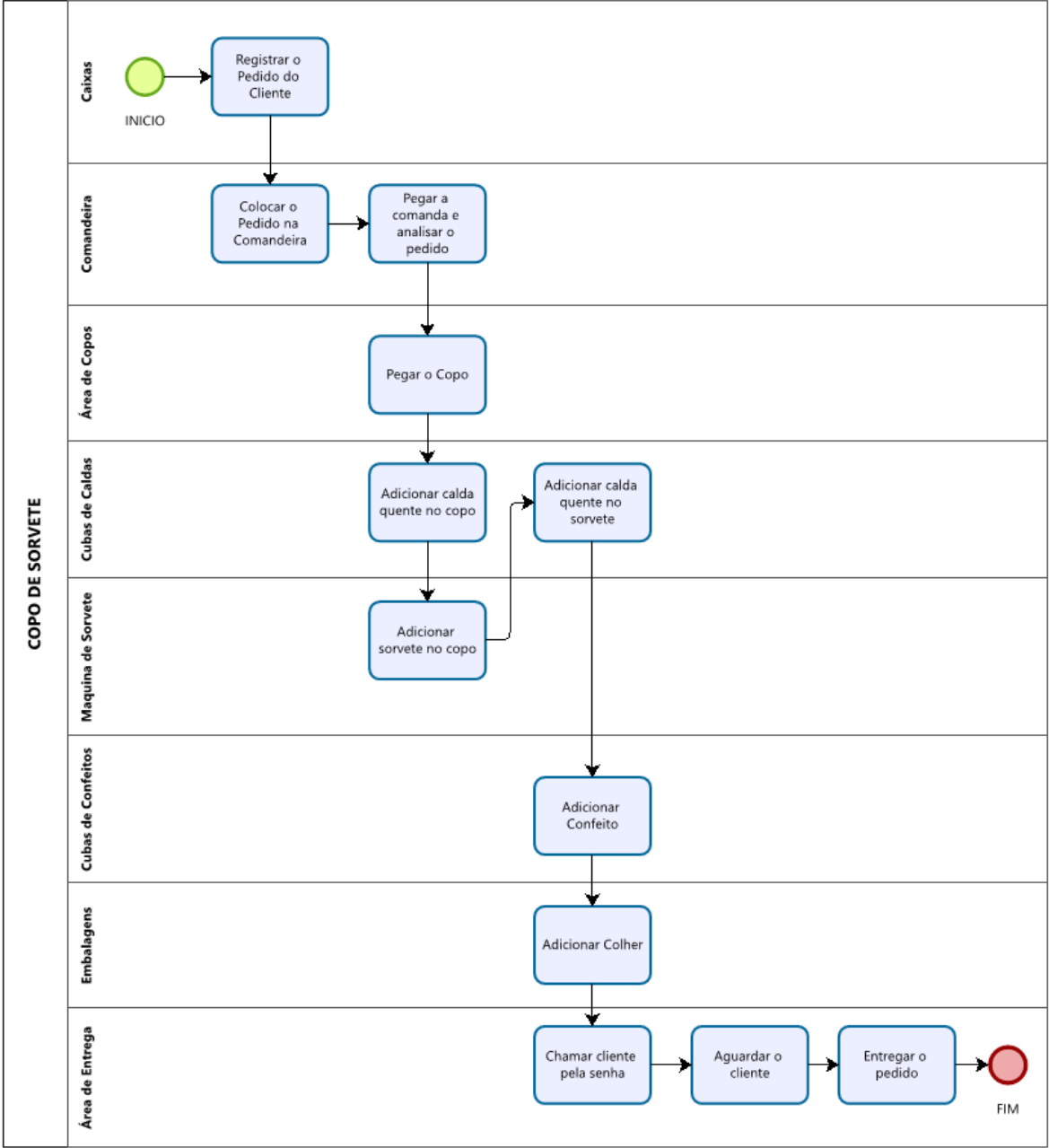
Figura 3 – Quadro de Indicadores de Processo

Indicador	Definição
Tempo de Ciclo de Produção	Tempo utilizado para produzir uma unidade.
Nível de Inventário	Quantidade de produtos armazenados.
Taxa de Defeitos	Percentual de produtos com defeito produzidos. Mede a qualidade do processo.
Tempo de <i>Setup</i>	Quantidade de tempo utilizada para preparação dos equipamentos.
Utilização de Máquina	Percentual de tempo que a máquina está sendo utilizada no processo.
<i>Lead time</i>	Tempo total necessário para transformar matéria-prima em produto acabado, desde o início do processo até a sua conclusão
Tempo de Resposta a Incidentes	Quantidade de tempo de resposta a problemas.
Taxa de Produção	Quantas unidades uma operação ou recurso faz por unidade de tempo.
Níveis de Estoque em Processo	Quantidade de produtos sendo processados.
Capacidade de Produção	Potencial máximo de processamento da produção definido pelo tempo disponível e taxa de produção da operação gargalo
Distância Percorrida	Distância total que trabalhadores e materiais viajam.
Ociosidade de Recursos	Capacidade não utilizada ou tempo em que os recursos permanecem inativos, sem contribuir para a produção.
Custos Operacionais	Custos de manutenção das máquinas, consumo de energia, marketing, recursos humanos e impostos.

Fonte: Womack e Jones (2003).

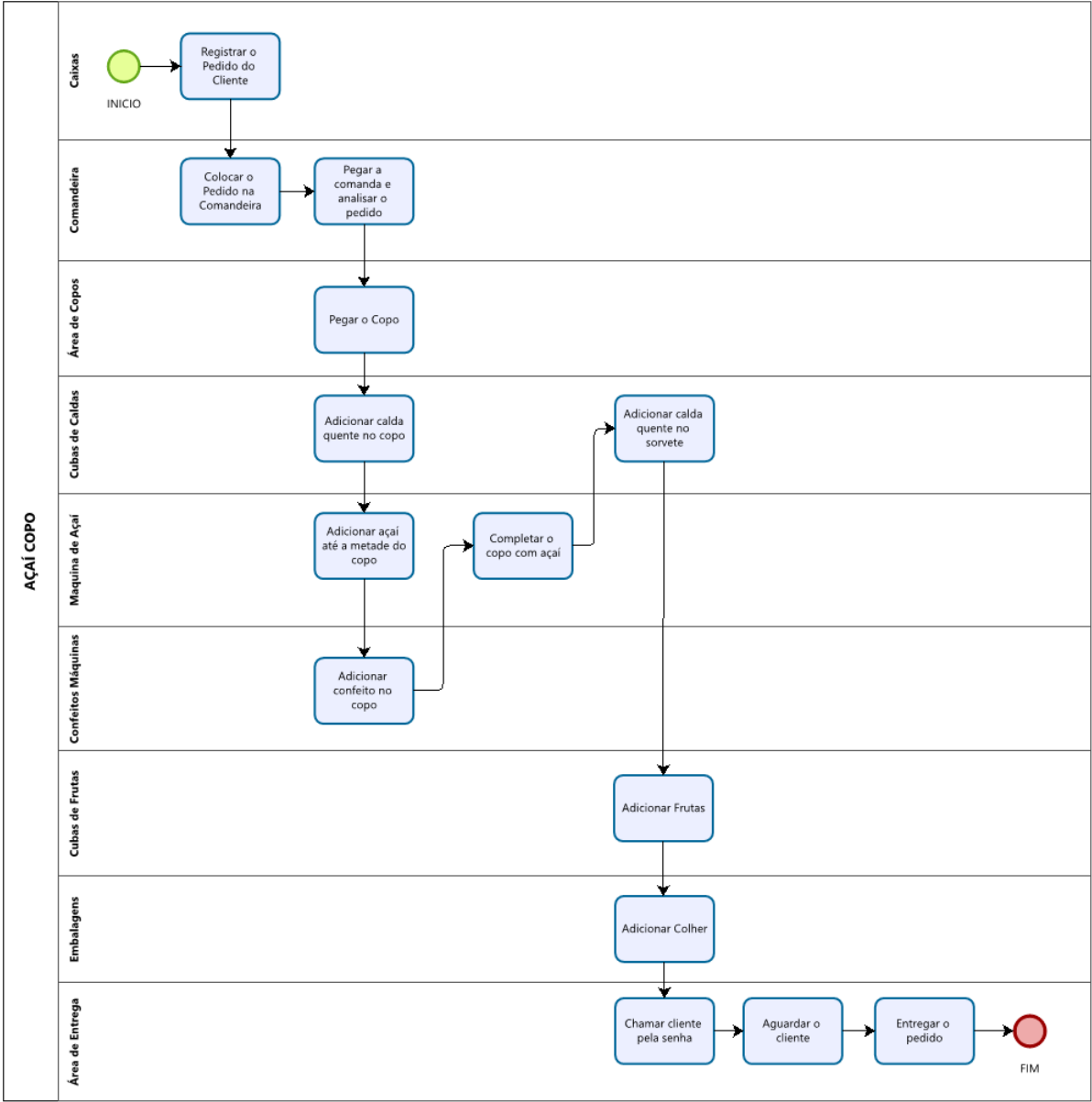
APÊNDICE A: BPMN da montagem dos produtos

Figura 23 – Montagem de copos de sorvete



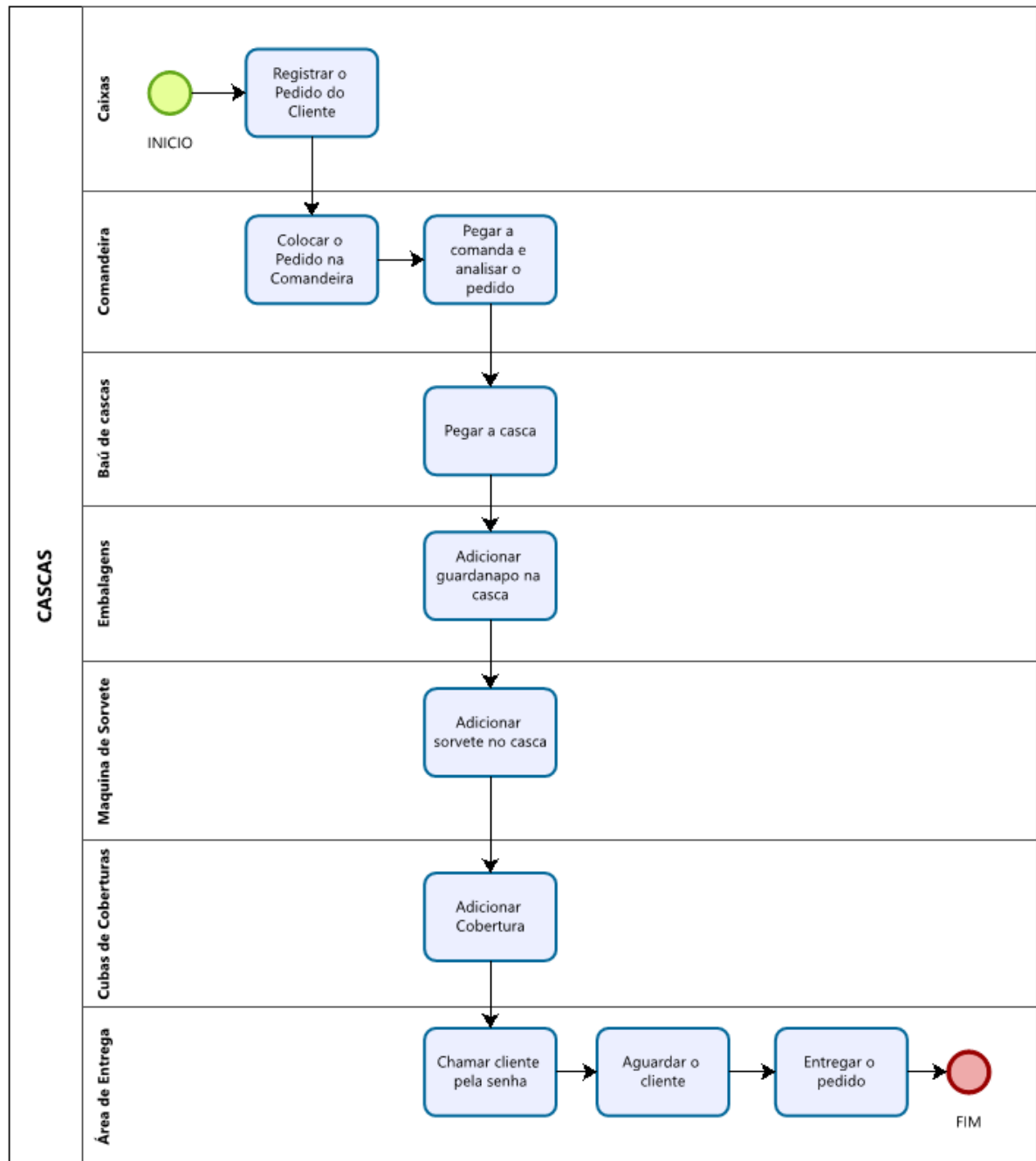
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 – Montagem de açaí copo



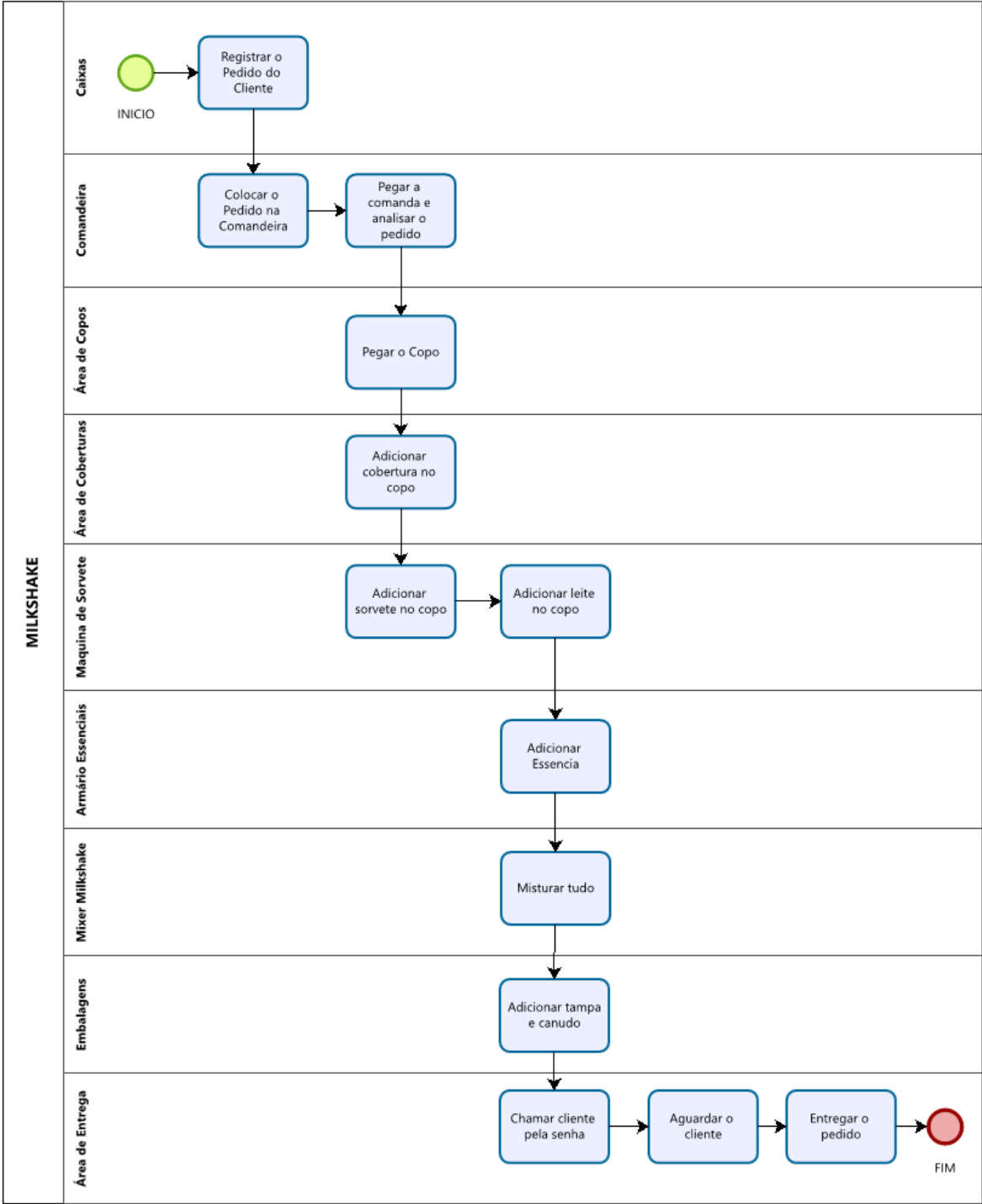
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 25 – Montagem de cascas



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26 – Montagem de *milkshake*



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B: Tempos de cada etapa do processo de montagem de produtos

Figura 27 – Cronoanálise das etapas de montagem

OPERAÇÃO	MÉDIA N INICIA	DESVIO N INICIA	N necessária	OUTLIERS	MÉDIA FINAL (SEM OUTLIE	DESVIO FINAL (SEM OUTLIE
Adicionar açaí até a metade	5,30	0,95	12,31	0,00	5,38	0,87
Adicionar açaí até o final	7,20	1,55	17,79	0,00	7,67	1,33
Adicionar calda quente no copo	13,30	3,53	27,05	0,00	13,46	3,49
Adicionar calda quente no sorvete / açaí	6,10	1,66	28,56	0,00	6,04	1,64
Adicionar cobertura no copo	11,80	2,66	19,50	0,00	11,79	2,30
Adicionar cobertura no sorvete	8,80	1,03	5,29	0,00	8,80	1,03
Adicionar colher	5,10	0,74	8,04	0,00	5,10	0,74
Adicionar confeito (Cubas)	12,30	2,00	10,19	0,00	12,09	2,02
Adicionar confeito (Maquinas)	3,50	0,71	15,68	0,00	3,44	0,63
Adicionar essencia	30,50	3,63	5,44	0,00	30,50	3,63
Adicionar frutas	13,30	1,83	7,26	0,00	13,30	1,83
Adicionar guardanapo	6,10	1,37	19,39	1,00	5,89	1,15
Adicionar leite	8,10	0,99	5,79	0,00	8,10	0,99
Adicionar sorvete na casca	9,70	1,25	6,40	0,00	9,70	1,25
Adicionar sorvete no copo	14,10	2,42	11,36	2,00	14,25	2,26
Aguardar o cliente	23,90	8,67	50,58	2,00	20,06	6,43
Caminho a. essencias até o mixer de milkshake	2,00	0,47	21,34	0,00	2,25	0,55
Caminho cascas até as embalagens	3,30	0,48	8,23	0,00	3,30	0,48
Caminho coberturas até a área de entrega	2,70	0,48	12,30	0,00	2,77	0,44
Caminho coberturas até a maquina de sorvete	1,80	0,63	47,43	0,00	2,02	0,83
Caminho comandeira até os copos	2,70	0,48	12,30	0,00	2,62	0,51
Caminho comandeira até as cascas	1,90	0,32	10,64	0,00	1,90	0,32
Caminho copos até as coberturas	2,10	0,32	8,71	0,00	2,10	0,32
Caminho copos até as cubas de caldas	3,20	0,42	6,67	0,00	3,20	0,42
Caminho cuba caldas até as cubas de confeitos	2,60	0,52	15,15	0,00	2,60	0,51
Caminho cuba confeitos até a área de embalagens	2,50	0,53	17,07	0,00	2,50	0,51
Caminho cubas caldas até cubas frutas	1,20	0,42	47,43	0,00	1,13	0,34
Caminho cubas frutas até embalagens	2,20	0,42	14,11	0,00	2,33	0,49
Caminho embalagens até a área de entrega	1,90	0,32	10,64	0,00	1,91	0,30
Caminho embalagens até a maquina de sorvete	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Caminho maquina açaí até as cubas de caldas	2,50	0,53	17,07	0,00	2,50	0,51
Caminho maquina sorvete até as coberturas	1,70	0,48	31,02	0,00	1,23	0,43
Caminho maquina sorvete até as cubas de caldas	3,40	0,52	8,86	0,00	3,40	0,52
Caminho maquina sorvete até o armário de essencia	3,50	0,71	15,68	0,00	3,65	0,70
Caminho mixer milkshake até as embalagens	1,80	0,42	21,08	0,00	1,90	0,31
Chamar o cliente	2,90	0,74	24,87	1,00	2,88	0,78
Colocar na comandeira	7,90	2,42	36,18	0,00	8,06	1,74
Entregar o produto	5,50	1,51	28,93	0,00	5,94	1,51
Misturar tudo	27,70	3,06	4,68	0,00	27,70	3,06
Pegar a casca	5,80	1,48	24,87	0,00	6,48	1,33
Pegar a comanda e analisar o pedido	4,00	1,25	37,35	0,00	3,68	0,78
Pegar o copo	6,30	1,95	36,67	1,00	6,83	1,68
Registrar o pedido do cliente	54,40	14,59	27,64	1,00	59,27	22,29
Tampar o copo e colocar canudo	12,40	1,96	9,55	0,00	12,40	1,96

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C: Carta de processo por grupo de Produto

Figura 28 – Carta de processo do grupo de produto copo de sorvete

Passo	Distância (m)	Tempo (s)	Operação	Transporte	Inspeção	Espera	Estoque	Descrição		
1		55	●	➡	□	D	△	Registrar o Pedido do Cliente		
2	1	8	○	➡	□	D	△	Colocar pedido na Comandeira		
3		4	●	➡	□	D	△	Pegar a Comanda e Analisar o Pedido		
4	2	3	○	➡	□	D	△	Ir até os copos		
5		6	●	➡	□	D	△	Pegar o Copo		
6	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de caldas		
7		13	●	➡	□	D	△	Adicionar Calda Quente		
8	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até a maquina de sorvete		
9		14	●	➡	□	D	△	Adicionar Sorvete		
10	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de caldas		
11		6	●	➡	□	D	△	Adicionar Calda Quente		
12	1,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de confeitos		
13		12	●	➡	□	D	△	Adicionar Confeito		
14	2	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de embalagens		
15		5	●	➡	□	D	△	Adicionar Colher		
16	1	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de entrega		
17		3	●	➡	□	D	△	Chamar o Cliente		
18		24	○	➡	□	●	△	Aguardar o cliente chegar		
19		5	●	➡	□	D	△	Entregar o Produto		
Categoria:		Operação		Transporte		Inspeção		Espera	Estoque	Totais
Tempo (s)		123		27				24		174
Distância (m)				15						15

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 29 – Carta de processo do grupo de produto açaí

Passo	Distância (m)	Tempo (s)	Operação	Transporte	Inspeção	Espera	Estoque	Descrição		
1		55	●	➡	□	D	△	Registrar o Pedido do Cliente		
2	1	8	○	➡	□	D	△	Colocar pedido na Comandeira		
3		4	●	➡	□	D	△	Pegar a Comanda e Analisar o Pedido		
4	2	3	○	➡	□	D	△	Ir até os copos		
5		6	●	➡	□	D	△	Pegar o Copo		
6	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de caldas		
7		13	●	➡	□	D	△	Adicionar Calda Quente		
8	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até a maquina de açaí		
9		5	●	➡	□	D	△	Adicionar Açaí até a metade		
10		3	●	➡	□	D	△	Adicionar Confeito (Máquinas)		
11		5	●	➡	□	D	△	Adicionar acaí até o final do copo		
12	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de caldas		
13		6	●	➡	□	D	△	Adicionar Calda Quente		
14	0,5	1	○	➡	□	D	△	Ir até as cubas de frutas		
15		13	●	➡	□	D	△	Adicionar frutas		
16	2	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de embalagens		
17		5	●	➡	□	D	△	Adicionar Colher		
18	1	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de entrega		
19		3	●	➡	□	D	△	Chamar o Cliente		
20		24	○	➡	□	●	△	Aguardar o cliente chegar		
21		5	●	➡	□	D	△	Entregar o Produto		
Categoria:		Operação		Transporte		Inspeção		Espera	Estoque	Totais
Tempo (s)		123		25				24		170
Distância (m)				14						14

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 30 – Carta de processo do grupo de produto *milkshake*

Passo	Distância (m)	Tempo (s)	Operação	Transporte	Inspeção	Espera	Estoque	Descrição		
1		55	●	➡	□	D	△	Registrar o Pedido do Cliente		
2	1	8	○	➡	□	D	△	Colocar pedido na Comandeira		
3		4	●	➡	□	D	△	Pegar a Comanda e Analisar o Pedido		
4	2	3	○	➡	□	D	△	Ir até os copos		
5		6	●	➡	□	D	△	Pegar o Copo		
6	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as Coberturas		
7		12	●	➡	□	D	△	Adicionar Coberturas		
8	2,5	2	○	➡	□	D	△	Ir até a maquina de sorvete		
9		14	●	➡	□	D	△	Adicionar Sorvete		
10		8	●	➡	□	D	△	Adicionar Leite		
11	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até o armário de essencias		
12		30	●	➡	□	D	△	Adicionar Essencia		
13	0,5	2	○	➡	□	D	△	Ir até o mixer de <i>milkshake</i>		
14		27	●	➡	□	D	△	Misturar tudo		
15	1	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de embalagem		
16		5	●	➡	□	D	△	Adicionar Tampa e Canudo		
17	1	2	○	➡	□	D	△	Ir até a área de entrega		
18		3	●	➡	□	D	△	Chamar o Cliente		
19		24	○	➡	□	■	△	Aguardar o cliente chegar		
20		5	●	➡	□	D	△	Entregar o Produto		
Categoria:		Operação		Transporte		Inspeção		Espera	Estoque	Totais
Tempo (s)		169		25				24		217
Distância (m)				13						13

Fonte: Elaborado pelo autor

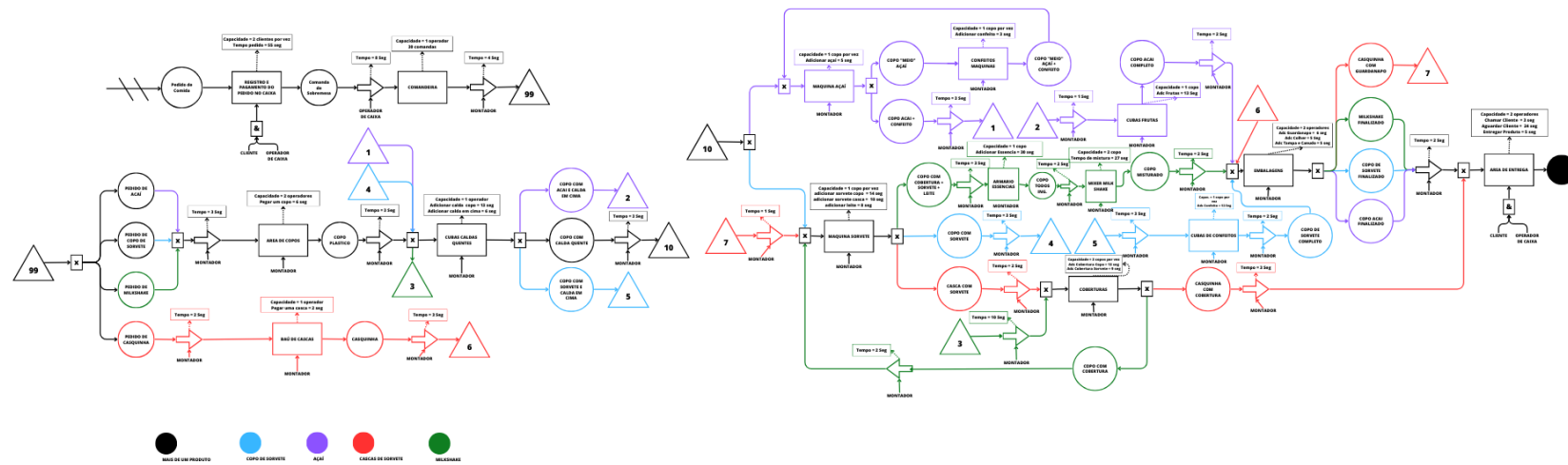
Figura 31 – Carta de processo do grupo de produto cascas

Passo	Distância (m)	Tempo (s)	Operação	Transporte	Inspeção	Espera	Estoque	Descrição		
1		55	●	⇨	□	D	△	Registrar o Pedido do Cliente		
2	1	8	○	➡	□	D	△	Colocar pedido na Comandeira		
3		4	●	⇨	□	D	△	Pegar a Comanda e Analisar o Pedido		
4	0	2	○	➡	□	D	△	Ir até as cascas		
5		6	●	⇨	□	D	△	Pegar a casca		
6	2,5	3	○	➡	□	D	△	Ir até as embalagens		
7		6	●	⇨	□	D	△	Adicionar guardanapo		
8	0,5	1	○	➡	□	D	△	Ir até a maquina de sorvete		
11		10	●	⇨	□	D	△	Adicionar Sorvete		
12	1	2	○	➡	□	D	△	Ir até as coberturas		
13		9	●	⇨	□	D	△	Adicionar Cobertura		
18	1	3	○	➡	□	D	△	Ir até a área de entrega		
19		3	●	⇨	□	D	△	Chamar o Cliente		
20		24	○	⇨	□	■	△	Aguardar o cliente chegar		
21		5	●	⇨	□	D	△	Entregar o Produto		
Categoria:		Operação		Transporte		Inspeção		Espera	Estoque	Totais
Tempo (s)		89		19				24		132
Distância (m)				6						6

Fonte: Elaborado pelo autor

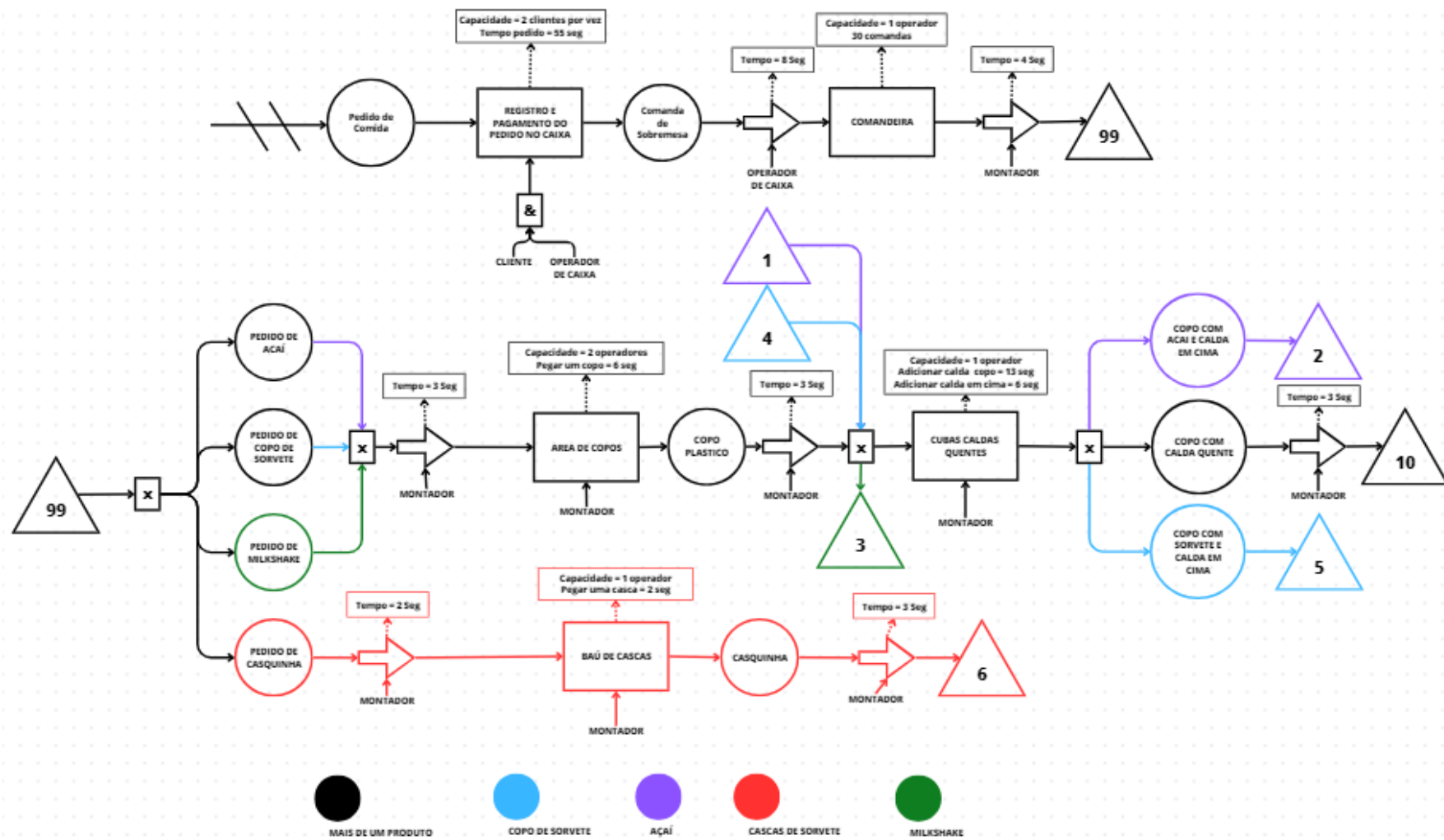
APÊNDICE D: Modelo conceitual do processo

Figura 32 – Modelo conceitual do processo de montagem de sobremesas (Figura Única)



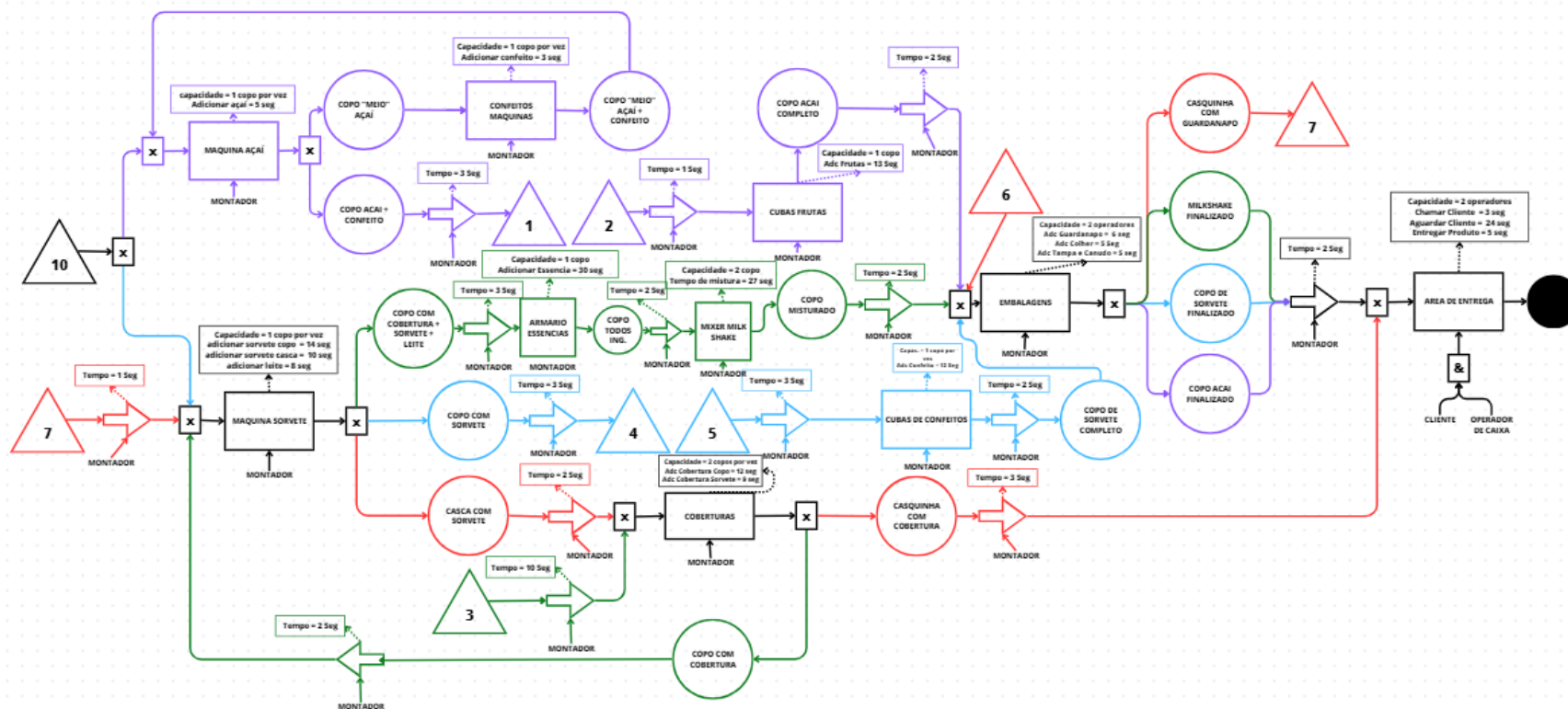
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 33 – Modelo conceitual do processo de montagem de sobremesas (Parte 1/2)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 – Modelo conceitual do processo de montagem de sobremesas (Parte 2/2)



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE E: Dados para validação do modelo computacional

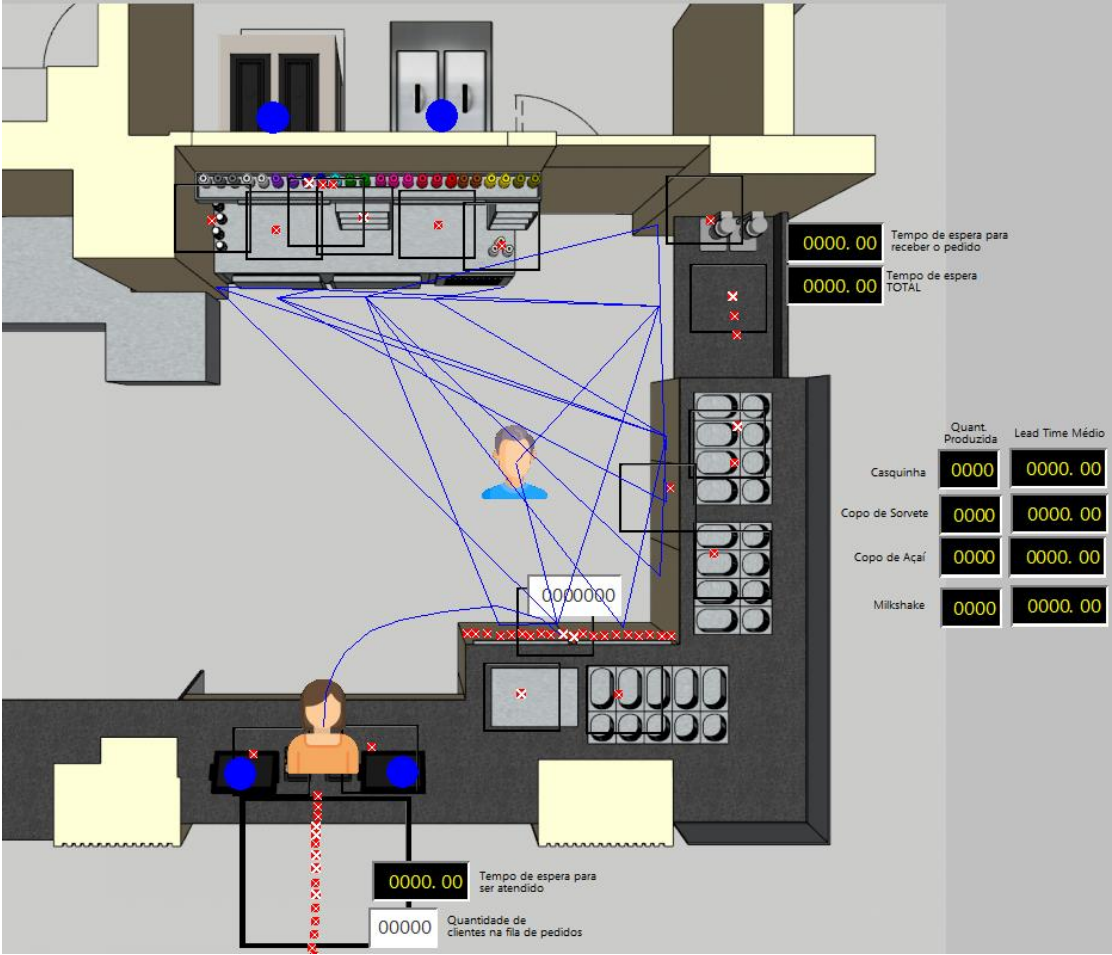
Figura 35 – Dados históricos de demanda reais, dados da simulação e diferença entre eles

n	DADOS REAIS				DADOS SIMULAÇÃO				DIFERENÇA			
	ACAI COPO	CASCAS	MILKSHAKE	SORVETE COPO	ACAI COPO	CASCAS	MILKSHAKE	SORVETE COPO	ACAI COPO	CASCAS	MILKSHAKE	SORVETE COPO
1	127	113	38	194	125	107	39	165	2	6	-1	29
2	145	107	30	185	131	113	39	161	14	-6	-9	24
3	148	97	43	151	165	99	39	185	-17	-2	4	-34
4	105	99	56	179	143	101	56	182	-38	-2	0	-3
5	117	122	48	198	126	127	37	200	-9	-5	11	-2
6	152	79	40	200	125	91	39	160	27	-12	1	40
7	141	82	33	133	155	101	58	201	-14	-19	-25	-68
8	110	98	41	220	129	100	45	181	-19	-2	-4	39
9	113	88	35	217	134	100	44	164	-21	-12	-9	53
10	109	79	31	162	112	96	37	158	-3	-17	-6	4
11	104	95	49	189	105	92	39	130	-1	3	10	59
12	140	74	64	181	127	94	42	159	13	-20	22	22
13	122	79	32	159	141	80	37	166	-19	-1	-5	-7
14	166	114	58	154	136	74	48	137	30	40	10	17
15	167	79	50	185	112	109	45	165	55	-30	5	20
16	114	120	61	161	144	100	49	162	-30	20	12	-1
17	161	109	32	190	151	88	42	213	10	21	-10	-23
18	159	79	62	156	124	93	43	145	35	-14	19	11
19	129	129	50	196	150	87	41	164	-21	42	9	32
20	115	107	48	193	111	76	48	139	4	31	0	54
21	125	103	54	213	142	89	30	151	-17	14	24	62
22	100	135	62	153	143	107	57	157	-43	28	5	-4
23	162	136	52	202	168	112	64	202	-6	24	-12	0
24	119	113	41	166	128	88	48	181	-9	25	-7	-15
25	122	99	58	187	111	96	35	203	11	3	23	-16
26	141	107	44	164	128	120	52	163	13	-13	-8	1
27	106	122	51	165	140	91	42	182	-34	31	9	-17
28	130	110	38	181	130	97	49	170	0	13	-11	11
29	120	134	54	186	144	98	49	164	-24	36	5	22
30	99	118	52	148	126	96	31	169	-27	22	21	-21
31	142	90	35	213	119	116	46	158	23	-26	-11	55
32	123	118	59	175	139	101	42	207	-16	17	17	-32
33	138	103	48	218	158	136	41	222	-20	-33	7	-4
34	105	97	46	166	146	97	55	197	-41	0	-9	-31
35	131	93	44	148	121	91	37	154	10	2	7	-6
36	153	101	59	161	146	93	44	164	7	8	15	-3
37	149	85	44	171	145	96	56	184	4	-11	-12	-13
38	134	96	45	167	135	95	52	170	-1	1	-7	-3
39	110	95	42	155	129	98	59	184	-19	-3	-17	-29
40	160	96	58	155	120	107	59	167	40	-11	-1	-12
41	156	114	34	164	120	86	31	162	36	28	3	2
42	152	109	35	153	128	94	45	166	24	15	-10	-13
43	136	96	44	183	154	87	47	151	-18	9	-3	32
44	137	84	44	180	98	86	32	162	39	-2	12	18
45	119	88	43	161	130	84	51	166	-11	4	-8	-5
46	123	101	46	174	132	100	40	181	-9	1	6	-7
47	134	112	44	183	150	108	39	176	-16	4	5	7
48	156	108	49	186	153	116	55	188	3	-8	-6	-2
49	124	108	49	151	139	98	46	174	-15	10	3	-23
50	162	105	49	178	140	115	48	185	22	-10	1	-7
51	148	105	47	161	115	103	47	144	33	2	0	17
52	164	111	49	188	164	111	49	188	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE G: Modelo computacional do *layout* atual

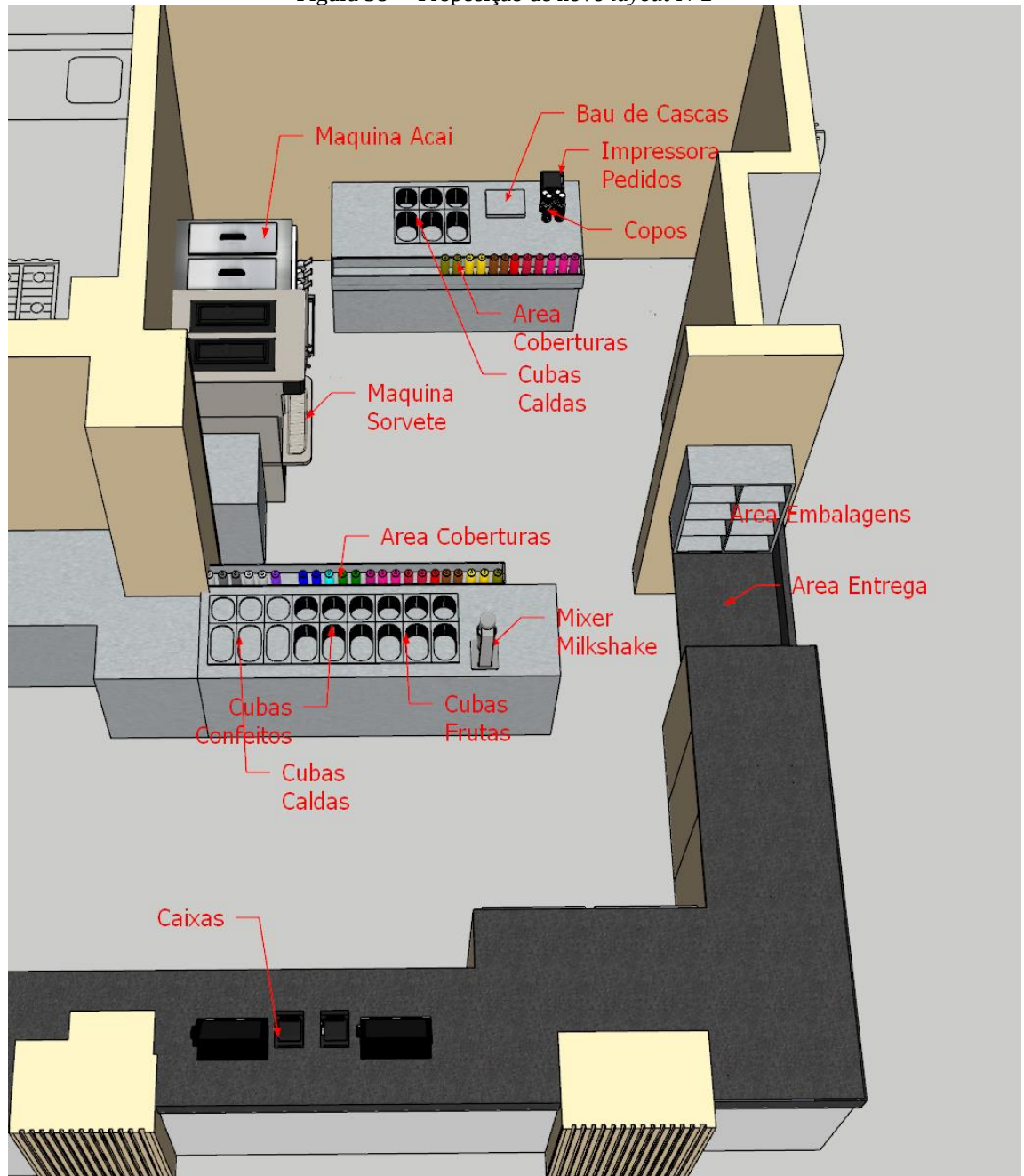
Figura 37 – Modelo Computacional do *Layout* Atual



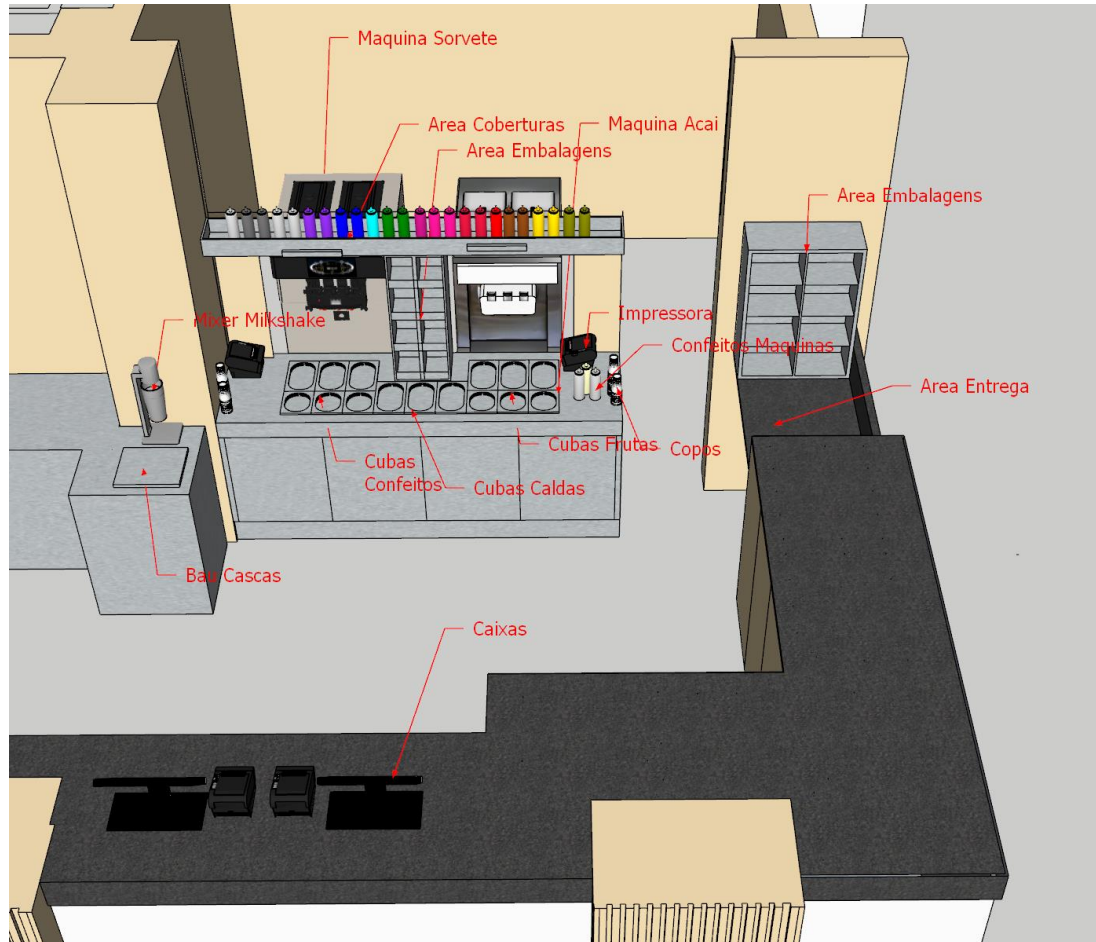
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE H: Proposição de novos layouts – Layout da segunda proposta

Figura 38 – Proposição de novo layout N°2



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE I: Proposição de novos *layouts* – *Layout* da terceira propostaFigura 10 – Proposição de novo *layout* N°3

Fonte: Elaborado pelo autor