

Mestrado Logística APNOR

Escola Superior de Ciências Empresariais – Instituto Politécnico Viana do Castelo

Proposta de trabalho: Trabalho de Projeto

Utilização de modelos de simulação para a melhoria do desempenho do atendimento - Estudo de caso de um restaurante McDonald's

Orientando: Ricardo Ferreira

Orientador: Professor Doutor Alfredo Silva e Professor Doutor Filipe Carvalho

Resumo

O setor dos serviços, tem vindo a sofrer uma grande evolução ao longo das últimas décadas, com foco na satisfação do cliente. Um dos fatores que cada vez mais toma uma maior importância para o cliente, é o tempo de espera que este tem que esperar para entrar no serviço, quer quando está lá dentro. Como tal a análise das filas de espera tem vindo a ser um dos focos das empresas de serviços de modo a captarem mais clientes, e estes saírem satisfeitos dos seus serviços.

Uma ferramenta que se mostra bastante vantajosa na análise das mesmas é a simulação, esta é capaz de simular filas de esperas e a resposta que a empresa dá às mesmas, sendo então possível identificar os principais pontos de deficiência no serviço.

Um dos pilares da construção de um bom processo de serviço é o Lean Manufacturing que tem por base criar sistemas o mais eficiente possível. Tendo por base o lean manufacturing e análise das filas de espera, através da simulação é possível serem testados vários cenários através para encontrar aquele que se torna o mais eficiente.

Uma das empresas mais conhecidas a nível mundial por querer prestar um serviço rápido, é a McDonald's. Nesse sentido foi considerado por base um turno que não estava de acordo para com o objetivo da marca, tendo por base a análise de filas de espera e os princípios de lean manufacturing. Foram simulados cenários no sentido de encontrar uma solução em que o padrão seria cumprido, no caminho de encontrar essa solução ótima algumas alterações puderam ser tiradas tais como, ser prioridade a abertura de linhas de produção para aumentar a capacidade de resposta, sendo então preferível mais uma linha em serviço, com menos funcionários cada, pois nesse cenário vários pedidos poderão ser preparados em simultâneo. Foi também possível analisar que a capacidade máxima de um restaurante é definida pelo limite de ocupação para o qual a principal linha de serviço é eficiente mesmo que as outras linhas ainda estejam abaixo do seu máximo. Sendo então considerado a maior restrição de um restaurante, a sua capacidade de distribuição e produção de pedidos. Apesar de hoje em dia, estes estarem já equipados com várias linhas de produção, que em teoria teriam a mesma capacidade de resposta entre elas.

A distribuição de pedidos entre estas, ainda não permite tirar o maior proveito das mesmas.

Palavras-Chave: Eficiência; Simulação; Lean Manufacturing; Serviço; Filas de Espera;

Abstract

The services sector has undergone significant evolution over the past decades. A key focus has been customer satisfaction, and one of the factors that increasingly holds greater importance for customers is the waiting time—both for entering the service and during their experience within it. Consequently, the analysis of waiting queues has become a primary focus for service companies aiming to attract more customers and ensure their satisfaction.

One particularly advantageous tool for such analysis is simulation. This allows businesses to model waiting queues and their response mechanisms, enabling the identification of critical service deficiencies.

A cornerstone of building an effective service process is **Lean Manufacturing**, which focuses on creating the most efficient systems possible. By leveraging Lean Manufacturing principles and queue analysis, companies can test various scenarios through simulation to determine the most efficient approach.

One of the most well-known companies globally for its emphasis on delivering quick service is McDonald's. In this context, a specific shift was analysed that did not align with the brand's objectives. Using queue analysis and Lean Manufacturing principles, simulations were conducted to identify a solution that met the expected standards. During the process of finding this optimal solution, several key insights emerged. For instance, prioritising the opening of production lines to increase response capacity proved crucial. It was found preferable to have an additional line in operation, staffed with fewer employees per line, as this allows multiple orders to be prepared simultaneously.

Moreover, it became evident that the maximum capacity of a restaurant is determined by the efficiency of its primary service line, even if the other lines remain below their maximum capacity. Thus, the greatest limitation of a restaurant lies in its ability to distribute and produce orders. Despite modern restaurants being equipped with multiple production lines, theoretically offering equal response capacity, the current distribution of orders between these lines does not fully optimise their potential.

Keywords: Efficiency; Simulation; Lean Manufacturing; Service; Waiting Queues

Agradecimentos

Queria agradecer em primeiro lugar aos meus orientadores, os professores doutores Alfredo Silva e Filipe Carvalho, por todo o apoio prestado ao longo deste trabalho. Deixo também um agradecimento ao Carlos Cunha e à Natália Sampaio, o franqueado e a supervisora que se disponibilizaram para que se desenvolvesse esta dissertação, sem esquecer claro a equipa de gestão e a equipa de funcionários do restaurante de Fafe que contribuíram para a recolha de dados e desenvolvimento do trabalho.

Sem esquecer os meus pais e a minha irmã que sempre me apoiaram a todos os níveis quer na minha formação enquanto pessoa como profissional, o que faz de mim a pessoa que sou hoje. Foram eles que sempre me motivaram e apoiaram para que pudesse percorrer o caminho que já percorri.

Quero também agradecer a minha namorada por estar presente e me apoiar neste processo e me motivar para concluir o mesmo.

Índice de abreviaturas

- FIFO: Primeiro a entrar, primeiro a sair;
- LIFO: último a entrar, primeiro a sair;
- SIRO: Serviço ordem aleatória;
- PS: Serviço prioritário;
- TPS: Toyota Production Sistem;
- PDCA: Plan, Do, Act, Check;
- OAT: Order Assembly Table (mesa de montagem de pedidos)
- GC: Guest Count (contagem de pedidos)
- s: segundos

Índice

Resumo.....	2
Abstract	3
Agradecimentos	4
Índice de abreviaturas.....	5
Índice	6
Índice de Figuras	8
1. Introdução	9
1.1 Enquadramento	9
1.2 Objetivos.....	10
1.3 Estrutura do trabalho.....	10
2. Fundamentação teórica	11
2.1 Filas de Espera	11
2.2 Lean Production.....	12
2.2.1 Toyota Production System	13
2.3 Simulação.....	18
3. Análise do Ponto de Situação.....	20
3.1 Apresentação da empresa	20
3.2 Apresentação do problema	22
4. Metodologia	22
4.1 Metodologia de recolha de dados.....	22
4.2 Metodologia de investigação.....	23
5. Desenvolvimento do Projeto.....	24
5.1 Construção do Modelo	24
5.2 Análise e tratamento dos dados para utilização no modelo	26
5.2.1 Entradas.....	26

5.2.2	Distribuição dos pedidos	27
5.2.3	Iniciar menus	28
5.2.4	Iniciar nuggets	29
5.2.5	Preparar	30
5.2.6	Finalizar menus	31
5.2.7	Finalizar nuggets	32
5.2.8	Modulo Decisão	33
5.3	Simulações	33
5.3.1	Simulação 1	34
5.3.2	Simulação 2	36
5.3.3	Simulação 3	38
5.3.4	Simulação 4	40
6.	Conclusão	45
6.1	Principais conclusões	45
6.2	Trabalhos futuros	46
7.	Bibliografia	47

Índice de Figuras

Figura 1- Casa Toyota Production System.....	13
Figura 2 - Ciclo PDCA	14
Figura 3 - Fluxo de informação e materiais nos sistemas Push e Pull.....	16
Figura 4 - Os 12 passos para um estudo de simulação segundo Banks	19
Figura 5 - Passos de preparação de um pedido	21
Figura 6 - Study case VS action-research. (Rodrigues da Rosa et al., 2024)	24
Figura 7 - Caixas disponíveis nos Discrete Processing e nos Decisions.	25
Figura 8- Modelo no arena representativo da cozinha.....	26
Figura 9 – Erro associado às diferentes distribuições de chegada.....	27
Figura 10- Caracterização das chegadas	27
Figura 11 - Caracterização pickstation distribuição dos pedidos	28
Figura 12 - Erros associados as diferentes distribuições no processo iniciar menus.....	28
Figura 13 - Caracterização do processo iniciar menus	29
Figura 14 - Erros associados as diferentes distribuições no processo iniciar nugguets.....	29
Figura 15 - Caracterização do processo iniciar nugguets	30
Figura 16 - Erros associados as diferentes distribuições no processo preparar	30
Figura 17 - Caracterização do processo preparar	31
Figura 18 - Erros associados as diferentes distribuições no processo finalizar menus.....	31
Figura 19 - Caracterização do processo finalizar menus	32
Figura 20 - Erros associados as diferentes distribuições no processo finalizar nugguets.....	32
Figura 21 - Caracterização do processo finalizar nugguets.....	33
Figura 22 - Modulo decisão se é menu ou nuggutes	33
Figura 23 - Relatório de saída simulação 1.....	34
Figura 24 - Relatório de utilização dos recursos, simulação 1	35
Figura 25- Relatório saída simulação 2.1 com linha 4.....	36
Figura 26 -Relatório saída simulação 2.2 com finalizador.....	37
Figura 27 - Comparação taxa de ocupação simulação 2.1 VS 2.2	38
Figura 28 -Relatório de saída simulação 3	39
Figura 29 -Relatório de saída taxas de ocupação dos funcionários simulação 3	40
Figura 30 - Relatório de saída simulação 4 tentativa 1	41
Figura 31 - Taxa de ocupação funcionários simulação 4 tentativa 1	42
Figura 32 - Relatório de saída simulação 4 tentativa 2	43
Figura 33 - Taxa de ocupação colaboradores simulação 4 tentativa 2	44

1. Introdução

1.1 Enquadramento

Ao longo das últimas décadas o setor dos serviços tem vindo a sofrer um grande desenvolvimento, estando o mundo cada vez mais voltado para uma política de consumismo e com muita variedade. Como tal o serviço prestado aos clientes seja numa loja física ou online, é cada vez mais alvo de uma maior importância quer para o cliente, quer por parte do prestador. Como tal o próprio prestador de serviço avalia o próprio serviço para que assim se possa destacar da demais concorrência na qualidade do serviço. Um dos critérios mais importantes na avaliação de um serviço é o tempo de espera e o tempo que se passa no mesmo. Para isso as empresas procuram constantemente otimizar os seus processos. No âmbito de diminuir o tempo de espera dos clientes, e ao mesmo tempo arranjar formas de fazer, a percepção temporal do cliente ser distorcida, de modo que este, quer não se aperceba do tempo gasto, quer não se aborreça enquanto espera.

A simulação veio trazer um grande desenvolvimento na prestação de serviços, graças a ela é possível testar vários cenários sem prejuízo para o cliente. Através da simulação de diversos cenários é possível encontrar o que a partir de agora trará melhores resultados, e a posterior ser implementado de modo que os clientes tenham uma experiência melhor e recorram com mais frequência ao serviço em questão.

Para se encontrar um cenário que seja ideal à muitos fatores a ter em conta. Como tal uma das ferramentas amplamente usadas para encontrar esses cenários é o Lean Manufacturing, esta foca-se em encontrar a melhor solução, para um sistema com o menor número de recursos possíveis. O principal foco das empresas, passa pela otimização de processos diminuindo desperdícios, melhorando o seu serviço e aumentando a rentabilidade da empresa.

Um exemplo que é amplamente conhecido da população geral de uma empresa, que ano após ano tenta melhorar/ aprimorar o seu serviço e ao mesmo tempo tornar se mais rentável, é a McDonald's. Para isso é mantido um foco na qualidade do seu serviço, quer no sentido da experiência do cliente através da sua receção e estadia, como da qualidade dos seus produtos, mas também através da rapidez de serviço que é uma das maiores imagens da marca.

Existe uma procura contínua para que os recursos disponibilizados sejam, na quantidade ideal, de modo que o cliente, tenha uma experiência o mais gratificante possível. No entanto sem que esta tenha um custo muito elevado, para tal a introdução de novas tecnologias e a análise dos vários parâmetros produtivos tomam cada vez mais, uma maior importância.

1.2 Objetivos

O restaurante de Fafe, foi um dos restaurantes de novas aberturas com várias inovações, para além de inovações no sentido estético, e ecológico, teve inovações no ponto de vista produtivo. Em que se abandonaram as 2 linhas completas mais 1 só com iniciador e preparador para passar a ter 4 linhas de produção completas. Em que todas elas se podiam seguir um pedido desde o processo de iniciar até ao processo de finalizar. Como tal, uma das dificuldades que se foi notando foi a de conseguir encontrar do equilíbrio de número correto de funcionários. Além disso é também necessário identificar quantas linhas devem estar abertas de acordo com o número de funcionários alocados. Como tal este trabalho tem como objetivo ajudar a responder estas questões, sendo os objetivos principais os seguintes:

- Determinar quantos funcionários são necessários na produção;
- Descobrir qual o posto ideal para cada funcionário de modo a diminuir o tempo de serviço;
- Determinar a capacidade máxima do restaurante;

1.3 Estrutura do trabalho

O presente projeto encontrasse dividido em 6 capítulos. Na introdução o tema é apresentado e são definidos objetivos para o trabalho. A fundamentação teórica explora os temas em que o projeto se baseia, nomeadamente as filas de espera, o Lean Manufacturing e a simulação. A metodologia explica qual foi a metodologia usada para o desenvolvimento do trabalho, e que tipo de trabalho é. Na análise do ponto de situação é apresentada a empresa e o problema. O desenvolvimento do projeto apresenta a construção do modelo de simulação e as suas várias etapas, e à posterior são apresentados os resultados das simulações e feita a análise das mesmas. Na conclusão são apresentadas as conclusões do trabalho tendo em conta os objetivos traçados no 1º capítulo.

2. Fundamentação teórica

2.1 Filas de Espera

Nos últimos anos as empresas prestadoras de serviços passaram a dar uma maior importância à qualidade dos serviços prestados, de modo a obterem uma percepção positiva por parte do cliente, como tal alguns dos fatores que passaram a ganhar um maior destaque como forma de avaliação do serviço prestado ao cliente, tais como a cordialidade, acessibilidade, competência e tempo de atendimento. (Schons & Rados, 2009) No que toca ao tempo de atendimento o estudo sobre filas de espera, é o que fornece mais dados sobre o desempenho do atendimento, através deste estudo é possível obter dados como tamanho de fila espera, tempo despendido no atendido, tempo que o cliente passa dentro do sistema pós atendimento, tempo medio em fila de espera...

As filas de espera são formadas quando o número de indivíduos que chegam ao sistema é superior à capacidade de atendimento do mesmo. Uma vez que as filas de espera de uma forma geral não são bem vistas pelo cliente, existem formas de minimizar a insatisfação do cliente. Passa pelo tempo que o mesmo fica parado, o que lhe dá a sensação de que a espera é maior do que realmente é, como tal o entretenimento do mesmo através de jornais, revistas, televisões, a demonstração que o atendimento já foi iniciado, quando apropriado a justificação do porquê da espera, são vistos positivamente por este, sendo também uma forma de fazer o mesmo ter uma percepção de tempo diferente da realidade e uma espera mais agradável (Schons & Rados, 2009).

Um sistema de filas de espera pode ser dividido em 3 partes principais: a entrada, o serviço e a própria fila. Segundo (Zhang & Ahmed, 2022) podemos dividir as filas de esperas das seguintes 4 maneiras:

- Fila única e único atendedor;
- Fila única e múltiplo atendedores;
- Filas variadas e único atendedor;
- Filas variadas e múltiplo atendedor;

Os mesmos fazem também uma diferenciação dos diferentes sistemas de fila de espera de acordo com a ordem de atendimento:

- FIFO: Primeiro a entrar primeiro a sair;
- LIFO: Último a entrar primeiro a sair;
- SIRO: Serviço em ordem aleatória;
- PS: Serviço prioritário;

(Simões de Oliveira Rodrigues et al., 2022) definiu 2 tipologias de filas de espera principais quando o foco está no cliente e no serviço a ser prestado. O modelo FIFO em que o primeiro

cliente a chegar é o primeiro a sair, e o seu atendimento não é parado até que o mesmo esteja concluído. E o modelo Shortest Job First (SJF NP) em que o tempo de produção dos serviços é prioritário. Neste modelo os processos são organizados pelo menor tempo de execução para o maior sendo atendidos primeiro os menores. Tal como no modelo FIFO após um atendimento ser iniciado o mesmo não é colocado em pausa.

A gestão das filas de espera toma cada vez mais uma maior importância na gestão de negócios, existindo já uma vasta investigação de diferentes tipologias de filas e diferentes formas de abordar as mesmas, sendo que o ponto principal destas pesquisas passa pela mitigação das mesmas e quando tal não é possível passar a ter a melhor resposta às mesmas e fazer com que estas sejam as mais breves e confortáveis para os clientes. procurando assim que o serviço prestado seja o melhor possível e que não seja lesado pela experiência em fila de espera.

2.2 Lean Production

O lean manufacturing consiste numa metodologia de gestão que tem por objetivo aumentar a produção com o menor número de recursos, aumentando assim a rentabilidade dos mesmos. Este método utiliza ferramentas de otimização a fim de eliminar qualquer espécie de desperdícios na linha de montagem, quer no que toca a materiais ou a tempo na mesma. “Lean is doing more with less. Use the least amount of effort, energy, equipment, time, facility space, materials, and capital – while giving customers exactly what they want.” (Womack & Jones, 1997)

(Womack & Jones, 1997) identificaram 5 princípios da filosofia Lean:

1. Definir valor: O valor só pode ser definido pelo consumidor final. O valor é distorcido por organizações pré-existentes, principalmente engenheiros e especialistas, pois os mesmos aumentam a complexidade sem a mesma gerar valor para o cliente final.
2. Mapear os fluxos de valor: O fluxo de valor são todas as ações necessárias para produzir o produto que será entregue ao cliente. Caso não exista uma comunicação eficiente entre os diferentes departamentos irá existir uma duplicação de etapas.
3. Criar um fluxo contínuo: Consiste em um fluxo contínuo entre as etapas que acrescentam valor ao produto final eliminando assim desperdícios na produção. Departamentos que executem tarefas simples em grandes lotes deverão ser eliminados.
4. Organizar um fluxo puxado: Consiste num fluxo puxado pelo cliente, ou seja, só é iniciada a produção após a receção de uma encomenda por parte do cliente. Um fluxo puxado garante um inventário menor logo redução de custos.
5. Procurar a perfeição: Consiste em procurar a melhoria contínua do processo produtivo, não havendo fim para a redução de tempo, espaço, custo e erros.

2.2.1 Toyota Production System

A filosofia lean tem como origem a Toyota Motor Company, uma empresa japonesa de construção automóvel, cujo seu líder Kiichiro Toyoda considerava a indústria automóvel americana como a principal concorrente. Por sua vez o seu principal engenheiro, Taiicho Ohno, verificou uma grande diferença entre os dois mercados. O mercado americano era baseado em grandes quantidades e baixa variedade, já o japonês em menores quantidades, mas uma grande variedade de produto.

Neste sentido Kiichiro Toyoda juntamente com outros líderes da indústria japonesa criaram a Toyota Production System (TPS) que assenta em dois grandes pilares, o Just-In-Time e o Jidoka como visível na Figura 1.



Figura 1- Casa Toyota Production System

2.2.1.1 Melhoria continua – Ciclo PDCA

A melhoria continua, em japonês Kaizen, há muito que é tida como uma das mais eficientes formas de melhorar o desempenho e qualidade das empresas. Para tal uma das ferramentas mais utilizadas é o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). As diferentes fases do ciclo visíveis na Figura 2 podem ser encaradas como passos (Gorenflo & Moran, 2010):

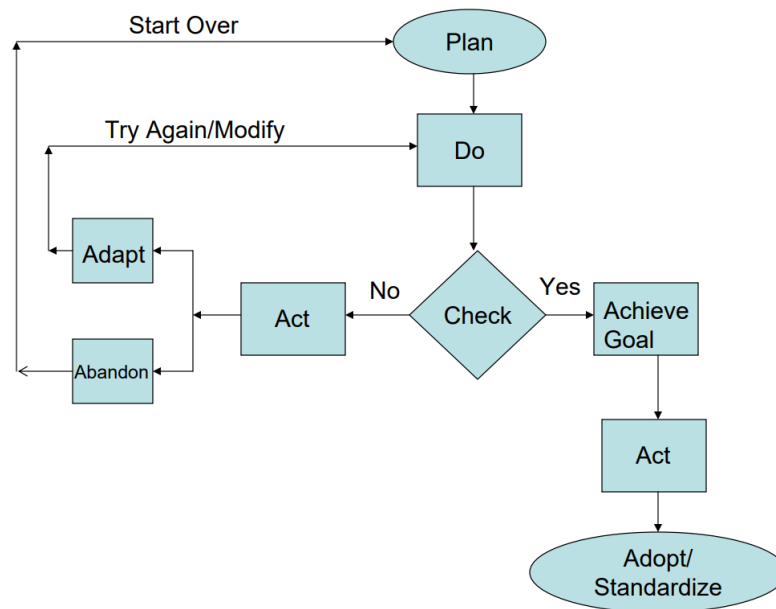


Figura 2 - Ciclo PDCA

- Plan (Planear): Nesta fase as oportunidades de melhoria são identificadas e ordenadas por prioridade, desta forma, forma existe uma definição objetiva do problema. Através de dados consistentes o problema raiz é identificado. Uma vez o mesmo estando identificado é feita uma reunião onde possíveis contramedidas são expostas, analisadas e criado um plano de implementação para as mesmas.
- Do (Fazer): Neste passo as contramedidas previamente identificadas são colocadas em ação. Não é espectável a solução perfeita, mas sim pequenas vitórias, todos os resultados inerentes das ações tomadas são devidamente documentados para uma posterior análise.
- Check (Avaliar): Neste ponto é feita uma comparação entre os dados obtidos antes das implementações e à posterior da mesma. É comparado o resultado atingido com o pretendido, identificados os desvios de forma a perceber o que correu bem o que correu menos bem, desta forma é possível obter resultados fidedignos de modo à posterior ser tomada uma decisão sobre o que deverá ser implementado ou descartado.
- Act (Decisão): Neste momento existem duas possibilidades os resultados terem sido positivos ou negativos. Se os resultados tiverem sido positivos, ou seja, o resultado pretendido tenha sido atingido ou superado, as medidas que tiveram esse resultado passam a ser implementadas de forma standard na empresa. Já se os resultados foram negativos, não tendo sido atingido o pressuposto, o ciclo é retomado desde o primeiro passo até que se consiga um resultado positivo, e aí as medidas que levaram a tal serão implementadas e definidas como standard.

2.2.1.2 Redução de desperdícios

A redução de desperdícios é uma das bandeiras do Lean Manufacturing e consequentemente do TPS, uma vez que os mesmos aumentam os custos do produto final, mas não lhe dão qualquer valor. Como tal (Ohno, 1988) citou os 7 principais desperdícios:

1. Esperas: Este desperdício tem uma fácil identificação, por vezes até mesmo visual uma vez que ocorre quando os recursos (pessoas ou máquinas) esperam para poderem operar. Os tempos de espera podem ser causados por vários motivos, tais como avarias, ou desnivelamento das operações. Para combater este problema é necessário trabalhar na operação de modo a existir um melhor balanceamento entre as pessoas e as operações.
2. Movimentações: Desperdício provocado pelas movimentações desnecessárias quer de pessoas ou máquinas e que consequentemente não acrescentam qualquer valor ao produto final. Procura de ferramentas, pessoas ou documentos são das mais frequentes. Para colmatar este desperdício os processos devem ser bem definidos, sem atividades desnecessárias e uniformizados em toda a fábrica.
3. Transporte: Desperdícios associados a movimentação desnecessária entre as diversas fases de produção. Estas movimentações tendem a ser maiores/mais frequentes quando o layout é inadequado. Caso o transporte seja mesmo necessário ou exista a impossibilidade de se alterar o layout, devem de ser tomadas medidas para a operação ser o mais fluida possível, como por exemplo optar por um sistema pull.
4. Defeitos: Desperdício gerado por problemas de qualidade no processo produtivo, que consequentemente originam retrabalho e até mesmo perda das matérias-primas, o que consequentemente aumenta os custos de produção. A produção de produtos defeituosos tem como principais fatores, erros de fabrico, instalação e comunicação, falta de competência, uso de material errado, entre outros. Sendo então necessária a criação de vários postos de verificação de qualidade ao longo do processo produtivo para garantir que os defeitos sejam improváveis de acontecer. O uso de ferramentas Poka-Yoke facilita a identificação de defeitos, e garante que os mesmos não avancem. É de referir ainda que para diminuir o número de defeitos, encontrar os mesmos não é suficiente, sendo também necessário descobrir a causa dos mesmos.
5. Sobreprodução: Este é considerado o pior dos desperdícios, o mesmo consiste em produzir mais que o solicitado pelo próximo processo, antes do momento solicitado pelo próximo processo, a uma taxa superior a taxa de procura do próximo processo, ou até mesmo em quantidade superior ao solicitado pelo cliente. O que implica a criação de stock e custos produtivos desnecessários.
6. Sobre processamento: Desperdício que resulta da repetição ou realização de forma errada de operações ou processos de fabrico. Movimentações desnecessárias por um operador para cumprirem uma tarefa resulta de três principais fatores: um layout incorreto do posto de trabalho; falta de movimentação; falta de conhecimento dos operadores sobre o processo produtivo. Para eliminar o trabalho desnecessário deve-se apostar na formação e motivação dos operadores ou até mesmo alterar o posto de trabalho dos mesmos.
7. Inventários: Desperdício relacionado com a acumulação de produtos acabados, produtos intermédios, e/ou matérias-primas. Os inventários são causados por existência de recursos gergalo, antecipação da produção, problemas de qualidade,

tempo de processamento diferentes em distintos postos de trabalho. Para reduzir os mesmos é necessário fazer um balanceamento da produção, optar por um sistema Pull.

A forma mais vezes apontada para a diminuição de desperdícios passa pelo acerto de layouts, balanceamento de produção, uniformização de processos, adoção de sistemas Pull.

2.2.1.3 Just-In-Time

Just-in-time significa que, num processo produtivo, os componentes necessários para a montagem, chegam a linha de montagem no momento necessário, na quantidade necessária, e o produto necessário. Sendo assim possível praticamente não ter inventário.(Ohno, 1988).

Podemos definir duas metodologias produtivas diferentes, sistemas Push ou sistemas Pull. De acordo com (Bonney et al., 1999) a distinção entre um sistema Push e Pull passa essencialmente pela distinção do fluxo de informação. No sistema Push a informação e os materiais andam no mesmo sentido, já no sistema Pull a informação anda no sentido oposto ao fluxo de materiais, como visível na Figura 3.

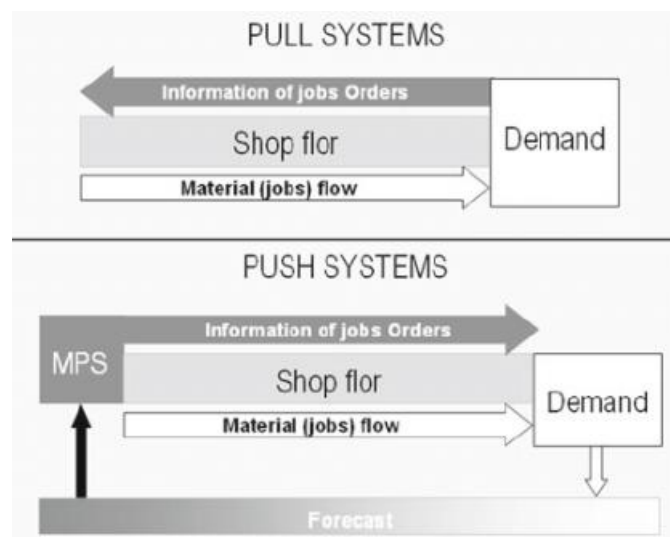


Figura 3 - Fluxo de informação e materiais nos sistemas Push e Pull

Segundo (Lee, 1989) num sistema Push os trabalhos são ordenados por uma ordem pré estabelecida, em que os processos são realizados um após o outro até a conclusão do mesmo, uma vez concluídos estes saem do sistema. Num sistema Push a fabricação é geralmente feita para stock de acordo com uma planificação de vendas pré-existente que dita a ordem de entrada no sistema.

Num sistema Pull a produção é apenas iniciada após um pedido por parte de um cliente, desta forma as empresas produzem somente o que é necessário, o que permite uma gestão de stocks controlada uma vez que não haverá excesso de material para serem armazenado. “Um cliente retira um item de uma prateleira, que é reabastecida pelo armazém da loja, que por sua vez é reabastecido do centro de distribuição regional e finalmente reabastecido do centro de produção”(Womack & Jones, 1997). De modo a garantir uma comunicação eficiente num sistema Pull (Ohno, 1988) introduziu o Kanban. Kanban é descrito pelo mesmo como um cartão

que é passado de posto de trabalho, em posto de trabalho, com as indicações referente aquela peça ou lote, o mesmo é também visto como uma ferramenta imprescindível para que o Just-In-Time seja possível, pois este permite que o trabalho em andamento seja visualizado, se identifiquem gargalos, e atrasos.

2.2.1.4 Jidoka

O Termo jidoka é um dos princípios fundamentais do TPS. Este destaca a importância de detetar problemas e retificar os mesmos, sendo assim um dos pilares da qualidade.

Este é também responsável pela automação das máquinas em ciclos de produção de forma que um operador consiga controlar mais que uma máquina, sendo que cada máquina está equipada com um sistema que deteta anomalias e para a máquina para o operador e resolver as mesmas (Romero et al., 2019). Este faz a distinção das quatro gerações do jidoka, a primeira geração em que o problema era detetado através de ferramentas Poka-Yoke. A segunda a introdução do Sistema Andon que gera alertas visuais e/ou sonoros para notificar o operador sempre que deteta algum erro. Na terceira geração as máquinas foram equipadas com novos recursos, quer de hardware quer de software que para além de detetarem as anomalias ajudam o operador a fazer o diagnóstico do problema através de sinais de sensores e listas de erros. A quarta geração consegue prever falhas e até mesmo retificar as mesmas.

(Gonçalves et al., 2016) resumiu o método jidoka em 5 passos:

1. Detetar o problema;
2. Parar o processo;
3. Restaurar o processo para funcionamento adequado;
4. Investigar o problema raiz do problema;
5. Tomar as medidas para solucionar o problema.

2.2.1.5 Heijunka, Padronização de Processos

(Hüttmeir et al., 2009) caracteriza o heijunka como o controlar do nivelamento da produção ajustando o volume e o mix de produto, para permitir uma maior utilização da capacidade e consequentemente uma alocação de recursos mais constante ao longo do tempo. Este tem por objetivo suavizar o fluxo de trabalho ao longo do tempo, permitindo assim uma produção mais eficiente e com menos desperdícios. Uma das principais vantagens do heijunka é uma grande capacidade de flexibilidade na produção, ou seja, como este procura nivelar a produção pode ser implementado de uma forma flexível de modo a atender as diferentes demandas do mercado. Uma produção nivelada implica uma redução de stock, pois não existe a necessidade de manter grandes inventários para satisfazer as flutuações de procura.

O pilar para o heijunka, e todos os outros pilares do TPS passa pela padronização de processos pois só assim é possível criar uma base sólida para a eficiência operacional, e ter uma capacidade de resposta a mudanças de procura. Só através de uma padronização de processos é possível obter uma produção estável e nivelada, o que permite a identificação de problemas, implementação de soluções, e assim procurar a melhoria continua.

2.3 Simulação

(Banks, 1999) caracterizou a simulação como uma ferramenta que imita a operação de um processo ou sistema ao longo de um período. Esta é uma metodologia indispensável para a resolução de problemas, uma vez que é usada para descrever e analisar comportamentos de um sistema, fazer perguntas “e se” sobre o sistema e prever comportamentos do sistema sob determinadas condições. Através da simulação é possível testar várias possibilidades num curto espaço de tempo, e identificar a solução mais benéfica (Bachmann et al., 1999).

(Banks, 1999) definiu oito conceitos fundamentais da simulação:

- Entidades: as entidades podem ser classificadas quanto à permanência, quanto ao papel que desempenham no sistema. Quanto à permanência, classificam-se como temporárias quando entram no sistema, percorrem o mesmo e saem. Permanentes se quando executam uma função sem nunca abandonarem o sistema. Quanto ao papel que desempenham, dinâmicas quando se movem ao longo do sistema, geralmente os clientes. Estáticas quando tem a função de servir outras entidades, por exemplo as máquinas;
- Variáveis: a variável contém informações necessárias acerca do sistema num determinado instante de tempo. O número de pessoas, de peças ou de tarefas nas filas de espera são consideradas variáveis do sistema.
- Atributos: os atributos são as características de distinguem as diferentes variáveis de um sistema. Exemplos dos mesmos são cores, nomes, modelos...;
- Eventos: os eventos são ocorrências que mudam o estado do sistema, como a chegada ou a saída de clientes, estes podem alterar atributos e variáveis de um sistema;
- Recursos: os recursos são as entidades estáticas que servem as entidades dinâmicas, máquinas e operadores são considerados recursos. Quando uma entidade dinâmica chega a um sistema e não tem um recurso disponível para esta, é então formada uma fila de espera até que um recurso seja disponibilizado;
- Filas: as filas são locais de espera onde uma entidade dinâmica espera até que um recurso lhe seja disponibilizado. As filas de espera podem ter sistema de prioridade ou então regem se por pela regra FIFO;
- Sistema: um sistema é um conjunto de entidades que interagem entre si com o fim de umas servirem as outras;
- Modelo: o modelo é uma representação de um sistema real com o intuito analisar e estudar esse mesmo sistema.

(Banks, 1999) definiu um conjunto de doze etapas para um estudo utilizando a simulação como visível na *Figura 4*.

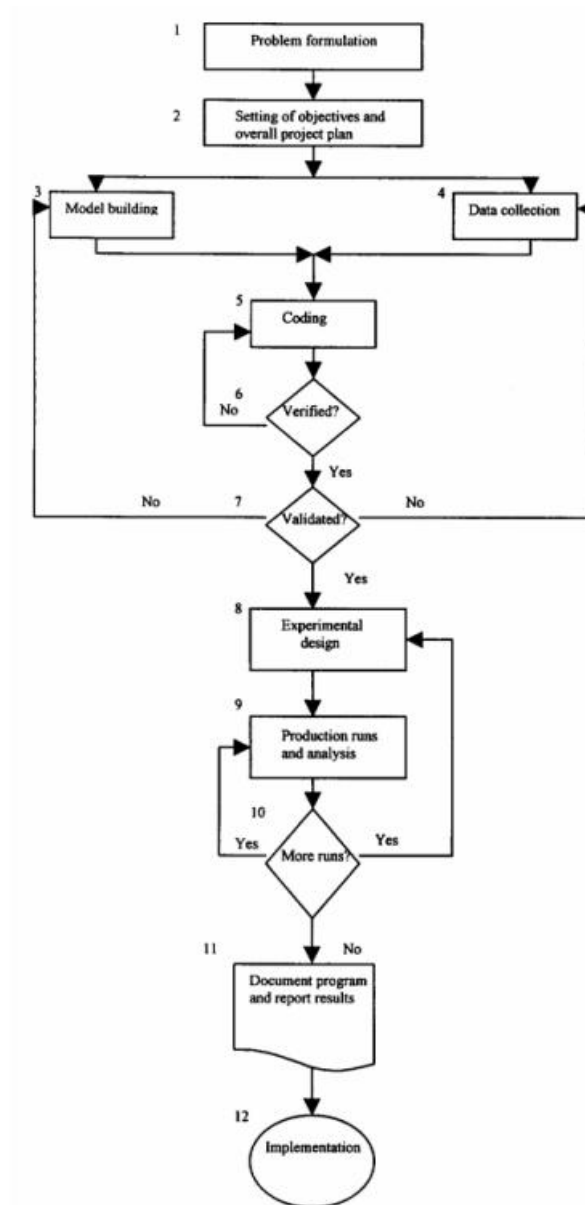


Figura 4 - Os 12 passos para um estudo de simulação segundo Banks

3. Análise do Ponto de Situação

3.1 Apresentação da empresa

A McDonalds foi fundada no ano de 1940 por dois irmãos, Richard e Maurice McDonald, como uma churrasqueira no estado da Califórnia nos Estados Unidos. No ano de 1948 com o intuito de terem um negócio mais eficiente, e com uma maior capacidade de atendimento reinventaram o seu negócio.

Uma das alterações mais importantes foi a simplificação do seu menu, passando apenas a vender 3 artigos, batatas fritas, milk-shakes e hambúrgueres. Com esta simplificação operacional puderam passar a ter uma produção em massa, o que fez com que o tempo de produção de cada hambúrguer passasse para um tempo limite de 1 minuto. Para além da simplificação operacional, que fazia com que os pedidos fossem preparados mais rápido, estes trouxeram uma inovação em que os pedidos em vez de serem realizados por funcionários de carro em carro, no parque e posteriormente entregues no carro, passaram a ser realizados pelos próprios clientes na caixa. Esta alteração trouxe uma maior margem de lucro, pois passaram a ser necessários menos funcionários, tendo também trazido melhorias significativas no número de erros nos pedidos. Em 1975 foram introduzidos os primeiros Drive-Thru em que o cliente não precisava de sair do carro para fazer o seu pedido e receber o mesmo.

Ao longo das seguintes décadas foram introduzidas novas inovações e acrescentados itens aos menus, alguns dos quais nacionais ou regionais. Na década de 2010 ocorreram duas grandes alterações. A introdução dos kiosks onde os clientes passaram a poder fazer os próprios pedidos e pagamentos e a mudança do modelo da cozinha. Antes da reformulação da cozinha havia a preparação das diferentes sanduíches de acordo com uma planificação de vendas. Estas estavam já pré-feitas num local que mantinha a sua temperatura e qualidade. Com o novo modelo deixou de se ter sanduíches prontas, para se passar a ter as diversas proteínas prontas em estufas. No ano de 2020 foi introduzida uma nova alteração que passa por baixar os níveis de estufa das carnes grelhadas, pela existência de um ecrã que mostra em tempo real a necessidade de cada uma das diferentes carnes grelhadas e pela preparação das sandwiches na hora. A Figura 5 mostra os passos da preparação de um pedido desde o ponto de pedido até á entrega do mesmo.

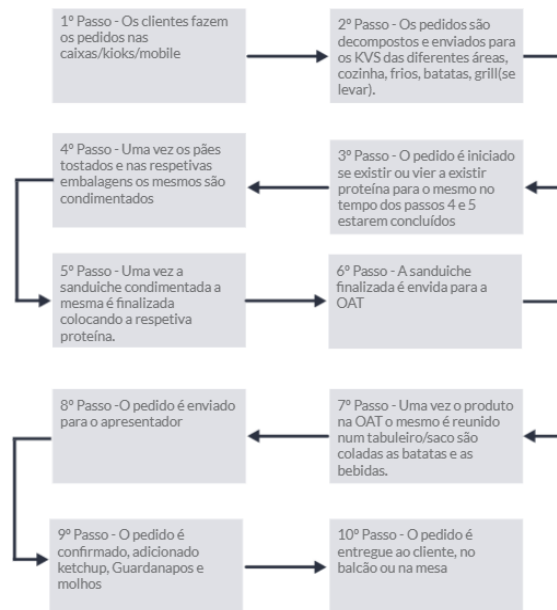


Figura 5 - Passos de preparação de um pedido

A história da McDonalds começou em Portugal no ano de 1991 com a abertura do primeiro restaurante no Cascais Shopping, e desde então já foram abertos mais de 200 restaurantes. O restaurante de Fafe foi o número 223, tendo tido a sua inauguração no dia 18/12/2023. Este faz parte de um conjunto de 5 restaurantes, pertencentes ao franqueado Carlos Cunha. O restaurante de Fafe faz parte de um conjunto de restaurantes de nova geração, mais ecológicos e eficientes. A cozinha está equipada com quatro linhas de produção que permitem uma reação rápida, uma produção elevada e tempos de fila de espera curtos. Dispõe ainda de pontos de atendimento com a opção mobile, dois pontos no drive e onze pontos na sala.

3.2 Apresentação do problema

Desde os primórdios que a McDonalds tem como objetivo a redução de custos sem impactar a experiência do cliente. Um dos pontos fulcrais é o tempo que um cliente fica à espera do seu pedido desde que o realiza. As políticas de eficiência da empresa definem como tempo limite de espera 120 segundos quando a experiência é drive, 90 segundos se a entrega for a um balcão ou 130 segundos se a entrega for à mesa. No controlo de custos, um dos pontos mais relevantes é o número de funcionários a ter de acordo com o número de clientes a serem atendidos. O objetivo deste estudo passa por analisar uma situação real, em que os tempos de serviço não foram atingidos e conseguir apresentar uma solução para melhorar esta situação. Na procura dessa solução pretende-se perceber se é mais vantajoso alocar mais funcionários a uma linha ou priorizar a abertura de novas linhas.

No decorrer deste trabalho procurou-se também determinar a taxa máxima de ocupação dos funcionários de modo a garantir as políticas de eficiência da empresa no que toca aos tempos de espera. Por fim procurou-se encontrar a capacidade máxima do restaurante, ou seja, procurou-se avaliar até que ponto o restaurante tem capacidade para, com os recursos atuais, dar resposta a um aumento da procura.

4. Metodologia

4.1 Metodologia de recolha de dados

De forma a garantir que os dados recolhidos fossem os mais exatos possíveis, a recolha dos dados foi dividida em duas etapas. A recolha das entradas e a recolha dos tempos de produção.

A recolha das entradas ocorreu de forma digital. O sistema informático, MyStore, regista a que horas cada pedido começa a ser registado no respetivo ponto de venda. Desta forma, foi retirado um relatório de entradas referente ao dia 13/05/2024, entre as 12h e as 13h. A escolha do dia deveu-se ao facto do dia em questão ter sido um dia com alguma afluência e que os tempos de serviço não corresponderam ao que é pretendido pela empresa. Através da hora de entrada de cada cliente construiu-se a variável referente ao tempo entre duas entradas consecutivas.

A recolha dos tempos de produção ocorreu em dias de semana aleatórios entre os dias 18/05/2024 e o dia 31/05/2024, sempre na hora de almoço entre as 12h e as 14h pois neste período os pedidos, GC, são semelhantes, ou seja, a maior parte dos pedidos é formado por um único item, tal como aconteceu no dia 13/05/2024. A recolha de tempos de produção ocorreu

com registo cronometrado de cada processo produtivo, tendo sido registado o tempo demorado em cada processo num pedido.

O processo produtivo de um pedido é dividido em 3 etapas, iniciar, preparar e finalizar:

1. Iniciar: o tempo do processo “iniciar” foi contabilizado desde que o funcionário leu o pedido até que o mesmo colocou os pães já tostados nas respetivas embalagens;
2. Preparar: para o tempo do processo “preparar” foi considerado o tempo que o funcionário demorou a colocar os diferentes condimentos no pão;
3. Finalizar: o tempo do processo “finalizar” foi contabilizado desde o fim da condimentação até à sandwich ser enviada para a OAT embalada, com a respetiva proteína colocada.

De notar que nem todos os pedidos passam por todos este processo produtivo. Quando o pedido são nuggets, o processo “iniciar” diz apenas respeito a selecionar a embalagem correta, o processo “preparar” não existe e o processo “finalizar” passa por embalar os nuggets na respetiva embalagem e enviar a embalagem para a OAT.

De referir ainda que, para garantir que os dados representassem o melhor possível a realidade, foram recolhidos tempos de preparação em diferentes dias, diferentes linhas e com diferentes colaboradores.

4.2 Metodologia de investigação

Uma investigação pode seguir várias metodologias de trabalho, tendo em conta o propósito do presente trabalho existem duas metodologias em que este se poderia inserir, action-research ou case study. O Case study é um método geralmente utilizado por investigadores, requer uma análise aprofundada sobre o tema do trabalho, com muitos elementos e categorias envolvidas. Por outro lado, o action-research é uma ação mais prática que requer um estudo prévio para resolução de um determinado problema. (Rodrigues da Rosa et al., 2024).

CARACTERÍSTICAS	ESTUDO DE CASO	PESQUISA-AÇÃO
Objetivos	Auxiliar na compreensão de fenômenos complexos. Testar ou criar teorias.	Resolver ou explicar problemas, gerando conhecimento tanto para a prática quanto para a teoria.
Papel do pesquisador	Observador/observador participante.	Múltiplo (observador e interventor).
Relação pesquisador e atores	Pesquisador fora da ação Atores externos, separados do pesquisador.	Pesquisador implicado na ação. Atores em comunicação contínua.
Escolha do assunto de pesquisa	Campo de interesse do pesquisador. Pertinência científica.	Entendimento ou contrato com um grupo social específico.
Formulação do objeto	Continuidade de pesquisas anteriores.	Pertinência conjuntural. Validação contínua pela prática.
Tipos	Exploratório; descritivo; e explanatório.	Técnica; prática; política; socialmente crítica; emancipatória.
Planejamento	Processo linear.	Processo iterativo.
Técnicas de pesquisa	Qualitativas e quantitativas.	Qualitativas.
Base empírica	Obrigatória.	Obrigatória.
Fases na condução do método	■ Definir estrutura conceitual ■ Planejar o caso ■ Conduzir piloto ■ Coletar dados ■ Analisar dados ■ Gerar relatório	■ Identificação (situação inicial e contrato; formulação do problema inicial; elaboração da problemática com vista à pesquisa e à ação). ■ Projeção das ações (elaboração de hipóteses de solução; definição dos objetivos e da pesquisa-ação; formulação de plano de ação; projeção da avaliação da intervenção). ■ Realização das atividades previstas (implementação da intervenção; execução participante das atividades; avaliação contínua). ■ Avaliação dos resultados obtidos (análise dos resultados da pesquisa; difusão dos resultados: informação e relatório; avaliação final do processo e dos resultados; finalização e reativação da ação)
Implementação	Não se aplica.	Obrigatória.
Avaliação dos resultados	Confronto com a teoria.	Confronto com a teoria.
Especificidade dos resultados (generalizações)	Situação específica.	Situação específica.
Conclusões	Reinserção teórica (ou conclusões aplicadas).	Reinserção direta na prática. Possível reinserção teórica.

Figura 6 - Study case VS action-research. (Rodrigues da Rosa et al., 2024)

Podemos então identificar este trabalho como um case-study pois foca-se na resolução de um problema através do teste de diferentes hipóteses teóricas e na sua comparação com resultados reais. Neste estudo a comparação foi feita utilizando métodos de simulação.

5. Desenvolvimento do Projeto

5.1 Construção do Modelo

Como base para a análise dos dados recolhidos, posterior simulação de diferentes cenários e uma procura de pontos de engarrafamentos e suas soluções foi contruído um modelo no Arena. Para a construção do modelo foram usadas caixas de duas diferentes tipologias, Discrete Processing e Decisions, como visível na Figura 7.

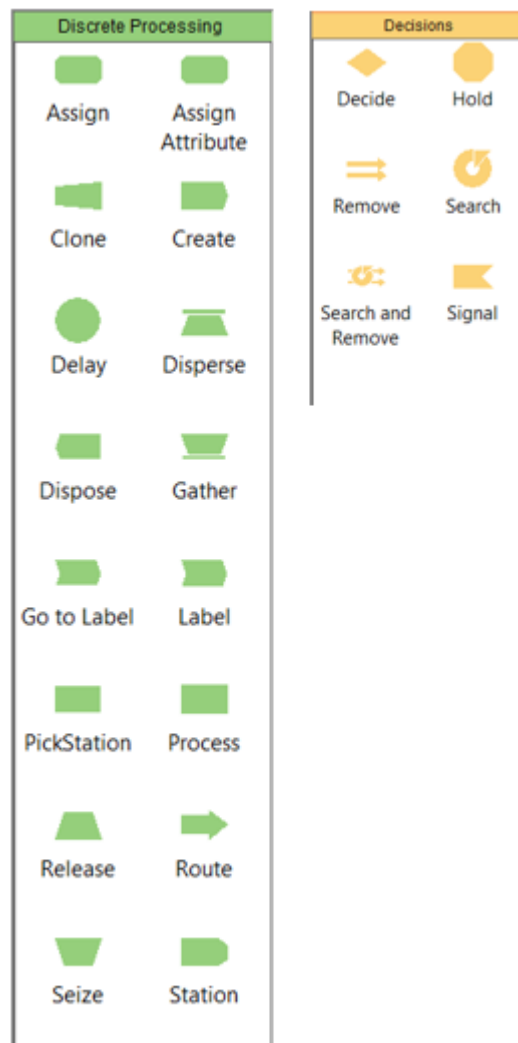


Figura 7 - Caixas disponíveis nos Discrete Processing e nos Decisions.

Dos Discrete Processing, foram utilizadas as seguintes 5 diferentes tipologias de caixas com os respectivos significados:

- Create: Este é o bloco responsável por simular as entradas no sistema;
- Dispose: Este bloco simula as saídas no sistema;
- PickStation: Uma vez dadas as entradas, este bloco é responsável por distribuir os pedidos pelas diferentes linhas de produção.
- Station: Estes blocos simulam as diferentes linhas de montagem existentes;
- Process: Estes blocos simulam dois tipos diferentes de ações, ações desempenhadas por máquinas que são fixas, a tostagem, e ações desempenhadas por colaboradores geralmente designadas por postos de trabalho, o iniciador, o preparador e o finalizador.

Quanto aos Decisions, foi apenas utilizado um bloco com duas saídas que são referentes aos diferentes processos a serem utilizados. Caso o pedido seja nuggets, é apenas iniciado e finalizado. Já se forem menus, é iniciado, tostado, preparado e finalizado.

O esquema visível na Figura 8 representa a cozinha do restaurante.

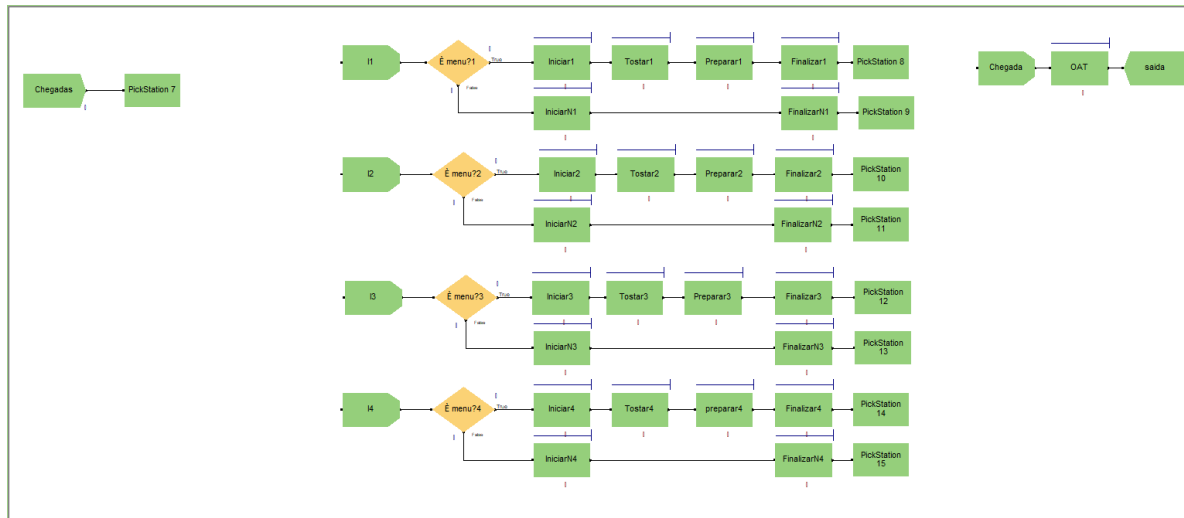


Figura 8- Modelo no arena representativo da cozinha.

5.2 Análise e tratamento dos dados para utilização no modelo

A recolha dos dados focou-se em dois pontos, a chegada de clientes para que a taxa de chegada utilizada seja o mais perto possível da real. No processo de fabrico foi recolhido o tempo de iniciar, preparar e finalizar os pedidos, sendo eles menus ou nugguets. Quanto ao tempo de tostagem este é contante sendo que o equipamento, a tostadeira, demora sempre os mesmos 23 segundos a tostar o pão.

Para a análise e tratamento de dados foi utilizada uma ferramenta disponibilizada pelo arena, o Input Analyzer. Esta ferramenta utiliza os dados recolhidos de cada processo/ chegada e verifica qual é a distribuição que melhor se adequa à sua caracterização.

5.2.1 Entradas

Aquando da recolha de dados, foi recolhida a hora de entrada dos diversos clientes, tendo sido necessário reformular esta informação de modo a obter o tempo entre chegadas. Os registos que foram introduzidos no Input Analyzer para verificar qual a distribuição mais adequada. A Figura 9 mostra os erros das diferentes distribuições que Foram testadas pelo Input Analyzer.

Function	Sq Error
Weibull	0.00213
Gamma	0.00383
Erlang	0.00401
Exponential	0.00401
Lognormal	0.0123
Beta	0.0127
Normal	0.149
Triangular	0.258
Uniform	0.322

Figura 9 – Erro associado às diferentes distribuições de chegada

A distribuição que melhor caracteriza as chegadas é a função Weibull. No entanto optamos por escolher a distribuição Gamma pois também se mostra ajustada e facilita uma análise mais clara na variação dos parâmetros aquando do estudo da sensibilidade da solução. A expressão dada pelo Input Analyzer foi a seguinte: $-0.001 + \text{GAMM}(24.5, 0.829)$. Esta expressão foi então introduzida na caixa create que simula as chegadas de modo que estas cheguem de acordo com função definida, como visível na Figura 10.

Figura 10- Caracterização das chegadas

5.2.2 Distribuição dos pedidos

Uma vez processadas a varias entradas no sistema, estas têm que ser distribuídas pelas diferentes linhas de serviço, de modo a serem preparados os pedidos referente a cada entrada. Para tal foi atribuído um modulo picksation, que distribui os pedidos pelas diferentes linhas de serviço, essa distribuição é feita preferencialmente de forma ordenada da linha 1 até à 4, de acordo com três critérios de preferência, como se pode ver na Figura 11:

- Número de clientes na fila;
- Número de clientes na rota para a fila;
- Número de recursos ocupados.

Figura 11 - Caracterização pickstation distribuição dos pedidos

5.2.3 Iniciar menus

Dos dados recolhidos, foram selecionados os que correspondiam ao processo de iniciar menus, estes dados foram tratados e introduzidos no Input Analyzer. Após este testar as várias distribuições a que apresenta um menor erro é a normal tal como visível na Figura 12.

Function	Sq Error
Normal	0.00322
Weibull	0.0052
Beta	0.00643
Erlang	0.00731
Gamma	0.00814
Lognormal	0.0187
Triangular	0.0417
Uniform	0.118
Exponential	0.123

Figura 12 - Erros associados as diferentes distribuições no processo iniciar menus

Uma vez selecionada a distribuição normal o arena gerou a sua expressão: NORM(7.95, 2.32). Tendo sido esta expressão introduzida no processo Iniciar de modo a caracterizar o mesmo, tal como visível na Figura 13.

Figura 13 - Caracterização do processo iniciar menus

5.2.4 Iniciar nugguets

Dos dados recolhidos foram seleccionados e tratados os dados referentes a iniciar nugguets, e posteriormente introduzidos no Input Analyzer para este testar qual das distribuições apresenta um erro menor, que tal como visível na Figura 14 é a Erlang.

Function	Sq Error
Erlang	0.0177
Gamma	0.0189
Lognormal	0.0194
Weibull	0.0285
Triangular	0.0303
Normal	0.0392
Beta	0.0468
Uniform	0.109
Exponential	0.159

Figura 14 - Erros associados as diferentes distribuições no processo iniciar nugguets

Uma vez seleccionada a distribuição Erlang o arena gerou a sua expressão: $1.42 + \text{ERLA}(0.222, 4)$. Posteriormente esta expressão foi introduzida no processo iniciar nugguets como visível na Figura 15.

Figura 15 - Caracterização do processo iniciar nugguets

5.2.5 Preparar

Dos dados recolhidos foram selecionados e tratados os dados referentes a preparar, e posteriormente introduzidos no Input Analyzer para este testar qual das distribuições apresenta um erro menor, que tal como visível na Figura 16 é a Weibull.

Function	Sq Error
Weibull	0.0225
Erlang	0.0245
Gamma	0.0253
Normal	0.0268
Beta	0.0269
Lognormal	0.0372
Triangular	0.0727
Exponential	0.0797
Uniform	0.114

Figura 16 - Erros associados as diferentes distribuições no processo preparar

Uma vez selecionada a distribuição Weibull o arena gerou a sua expressão: $4 + \text{WEIB}(9.8, 1.73)$. Posteriormente esta expressão foi introduzida no processo preparar como visível na Figura 17.

Figura 17 - Caracterização do processo preparar

5.2.6 Finalizar menus

Dos dados recolhidos foram seleccionados e tratados os dados referentes a Finalizar menus, e posteriormente introduzidos no Input Analyzer para este testar qual das distribuições apresenta um erro menor, que tal como visível na Figura 18 é a Lognormal.

Function	Sq Error
Lognormal	0.0123
Gamma	0.0131
Erlang	0.0142
Triangular	0.015
Beta	0.0152
Weibull	0.0157
Normal	0.029
Exponential	0.0702
Uniform	0.0738

Figura 18 - Erros associados as diferentes distribuições no processo finalizar menus

Uma vez seleccionada a distribuição Lognormal o arena gerou a sua expressão: $3 + \text{LOGN}(14.3, 11.3)$. Posteriormente esta expressão foi introduzida no processo finalizar menus como visível na Figura 19.

Figura 19 - Caracterização do processo finalizar menus

5.2.7 Finalizar nugguets

Dos dados recolhidos foram selecionados e tratados os dados referentes a Finalizar nugguets, e posteriormente introduzidos no Input Analyzer para este testar qual das distribuições apresenta um erro menor, que tal como visível na Figura 20 é a Gamma.

Function	Sq Error
Gamma	0.00312
Weibull	0.00426
Erlang	0.00532
Exponential	0.00532
Beta	0.00772
Lognormal	0.0082
Triangular	0.0302
Normal	0.0628
Uniform	0.0882

Figura 20 - Erros associados as diferentes distribuições no processo finalizar nugguets

Uma vez selecionada a distribuição Gamma o arena gerou a sua expressão: $8 + \text{GAMM}(4.24, 1.33)$. Posteriormente esta expressão foi introduzida no processo finalizar nugguets como visível na Figura 21.

Figura 21 - Caracterização do processo finalizar nugguets

5.2.8 Modulo Decisão

Neste modelo foi necessário fazer uma distinção entre os pedidos que eram menus e os que eram nugguets. Dependendo da tipologia de pedidos os processos que os mesmos iriam sofrer seriam diferentes, os nugguets não necessitam do processo preparar, como tal, na construção do modelo antes do processo iniciar colocou-se um módulo de decisão. Se o pedido fosse menu, este seguiria o caminho “True”, já se fosse nugguets seguiria um caminho alternativo. De todos os dados recolhidos foi verificada que a percentagem de menus foi de 76%. Como tal, o modelo foi contruído para que 76% dos pedidos, escolhidos de forma aleatória, seguissem o caminho dos menus, como visível na Figura 22.

Figura 22 - Modulo decisão se é menu ou nuggutes

5.3 Simulações

Uma vez o modelo construído e com todas as caixas definidas, foram simulados diversos cenários, cada um desses cenários está descrito nas simulações apresentadas abaixo.

5.3.1 Simulação 1

Esta simulação tem por base o ponto atual do restaurante, ou seja, nesta simulação foram simuladas as condições no dia que as entradas foram recolhidas. De uma forma geral o restaurante privilegia a abertura de linhas de serviço, de modo a poder existir uma maior distribuição dos mesmos pelas várias linhas de serviço, e assim diminuir o tempo de espera de cada um e consequentemente o tempo médio de preparação ser mais rápido. Neste dia existam 3 funcionários alocados as linhas de produção com as seguintes tarefas cada:

Funcionário 1: Linha de serviço 1 sozinho (iniciar, prepara e finalizar na linha 1) e ajudar a finalizar linha 3;

Funcionário 2: Linha de serviço 2 sozinho;

Funcionário 3: Linha de serviço 3 e ajudar a finalizar linha de serviço 1;

Os resultados desta simulação estão presentes na Figura 23.

TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	51.360	(Insuf)	10.735	151.65	158
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.WaitTime	35.597	(Insuf)	.00000	194.84	158
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.TotalTime	86.957	(Insuf)	10.832	288.28	158
Iniciar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Iniciar3.Queue.WaitingTime	8.8743	(Insuf)	.00000	89.604	20
Iniciar2.Queue.WaitingTime	5.2505	(Insuf)	.00000	39.829	49
Iniciar1.Queue.WaitingTime	14.407	(Insuf)	.00000	96.964	55
Preparar1.Queue.WaitingTime	13.121	(Insuf)	.00000	74.691	54
Tostar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	18.320	(Insuf)	.28395	45.113	5
Preparar3.Queue.WaitingTime	8.8397	(Insuf)	.00000	44.772	20
Tostar1.Queue.WaitingTime	3.1812	(Insuf)	.00000	30.760	55
Tostar2.Queue.WaitingTime	7.6726	(Insuf)	.00000	41.093	49
preparar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Tostar3.Queue.WaitingTime	1.2688	(Insuf)	.00000	11.016	20
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	18.584	(Insuf)	.00000	97.295	17
IniciarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
IniciarN2.Queue.WaitingTime	2.3291	(Insuf)	.00000	32.100	17
Finalizar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar3.Queue.WaitingTime	29.589	(Insuf)	.00000	108.46	19
Finalizar2.Queue.WaitingTime	8.4863	(Insuf)	.00000	39.792	48
Finalizar1.Queue.WaitingTime	16.564	(Insuf)	.00000	99.218	53
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	2.1074	(Insuf)	.00000	35.826	17
IniciarN1.Queue.WaitingTime	13.814	(Insuf)	.00000	49.533	17
IniciarN3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	5
Preparar2.Queue.WaitingTime	8.7744	(Insuf)	.00000	52.896	48
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158

Figura 23 - Relatório de saída simulação 1

Nesta simulação o tempo atingido foi de 86.957s em que os tempos de espera mais elevados são referentes as linhas 1 e 3 que em conjunto iniciaram 97 pedidos - 59.50%. Dos quais 72 a linha 1 – 44.17% e 25 a linha 3 – 31.90%. Já a linha 2 iniciou um total de 66 pedidos – 40.49%. A diferença de pedidos entre a linha 1 e 2 não é expressiva, no entanto, o tempo médio que um

pedido demora para ser iniciado já o é. O que faz com possamos concluir que a linha 2 está no limite de produtividade. Um dado que podemos tirar da análise da simulação é a quantidade de tempo que cada colaborador passa ocupado, dado esse visível na Figura 24.

Esta simulação apresenta um resultado insuficiente face ao tempo de produção estipulado como padrão, entre os 60 e os 70 segundos.

Entity 1.NumberIn	163.00
Entity 1.NumberOut	158.00
Tostatdeira1.NumberSeized	55.000
Tostatdeira1.ScheduledUtilization	.35063
Preparador4.NumberSeized	.00000
Preparador4.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira4.NumberSeized	.00000
Tostadeira4.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira2.NumberSeized	49.000
Tostadeira2.ScheduledUtilization	.31278
Tostadeira3.NumberSeized	20.000
Tostadeira3.ScheduledUtilization	.12778
Iniciador 2.NumberSeized	179.00
Iniciador 2.ScheduledUtilization	.60580
Iniciador 3.NumberSeized	139.00
Iniciador 3.ScheduledUtilization	.58403
Iniciador 1.NumberSeized	220.00
Iniciador 1.ScheduledUtilization	.79645
Iniciador 4.NumberSeized	.00000
Iniciador 4.ScheduledUtilization	.00000
Finalizador4.NumberSeized	.00000
Finalizador4.ScheduledUtilization	.00000
tapete.NumberSeized	158.00
tapete.ScheduledUtilization	.00000
System.NumberOut	158.00

Figura 24 - Relatório de utilização dos recursos, simulação 1

Na figura 24 podemos analisar o tempo que cada colaborador passou ocupado, colaborador 1- 79.64%, colaborador 2- 60.58%, colaborador 3- 58.40%. O colaborador 1 passou mais tempo ocupado, daí ser este o maior tempo de espera para iniciar, já o colaborador 2 e 3 possuem um tempo de ocupação semelhante. Dado que o colaborador 3 teve poucos pedidos na sua linha, é espectável que o tempo que este passou ocupado tenha sido utilizado a finalizar pedidos da linha 1. Este comportamento está de acordo com o que acontece no terreno.

Uma vez que esta situação não cumpre os requisitos definidos pela empresa, vamos procurar uma solução melhor, ou seja uma opção que cumpra com os objetivos.

5.3.2 Simulação 2

Com o objetivo de encontrar uma solução para a resolução do problema apresentado na simulação 1, não conseguir apresentar tempos de serviço padrão com os recursos existentes, foi então adicionado mais um colaborador. Com esse colaborador existiam duas possibilidades, possibilidade nº1, ser aberta a linha 4 com o intuito de existir uma maior distribuição dos pedidos e tirar sobrecarga das três primeiras linhas, sobretudo da linha 1 – simulação 2.1(Figura 25). Opção nº 2, alocar o novo colaborador no preparador e finalizador da linha 1 e no finalizador da linha 3, libertando assim os colaboradores já alocados a essas linhas – simulação 2.2(Figura 26)

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	49.635	(Insuf)	10.378	128.41	162
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162
Entity 1.WaitTime	23.605	(Insuf)	.00000	133.47	162
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162
Entity 1.TotalTime	73.240	(Insuf)	10.381	191.41	162
Iniciar4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
Iniciar3.Queue.WaitingTime	1.6396	(Insuf)	.00000	26.235	16
Iniciar2.Queue.WaitingTime	3.3909	(Insuf)	.00000	48.654	40
Iniciar1.Queue.WaitingTime	7.2956	(Insuf)	.00000	37.335	49
Preparar1.Queue.WaitingTime	8.5800	(Insuf)	.00000	54.578	49
Tostar4.Queue.WaitingTime	1.1072	(Insuf)	.00000	9.8697	16
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	14.043	(Insuf)	2.2254	25.488	6
Preparar3.Queue.WaitingTime	7.2664	(Insuf)	.00000	29.207	15
Tostar1.Queue.WaitingTime	3.1441	(Insuf)	.00000	19.619	49
Tostar2.Queue.WaitingTime	2.0972	(Insuf)	.00000	16.551	40
preparar4.Queue.WaitingTime	9.9096	(Insuf)	.00000	38.802	16
Tostar3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	9.1705	(Insuf)	.00000	92.799	24
IniciarN4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	4
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	12.519	(Insuf)	2.4834	38.057	4
IniciarN2.Queue.WaitingTime	9.2364	(Insuf)	.00000	62.018	10
Finalizar4.Queue.WaitingTime	11.417	(Insuf)	.00000	49.888	16
Finalizar3.Queue.WaitingTime	27.188	(Insuf)	.00000	92.579	15
Finalizar2.Queue.WaitingTime	8.4002	(Insuf)	.00000	46.779	40
Finalizar1.Queue.WaitingTime	11.132	(Insuf)	.00000	88.149	49
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	6.1053	(Insuf)	.00000	22.770	10
IniciarN1.Queue.WaitingTime	6.2922	(Insuf)	.00000	39.454	24
IniciarN3.Queue.WaitingTime	1.5512	(Insuf)	.00000	9.3077	6
Preparar2.Queue.WaitingTime	6.1641	(Insuf)	.00000	59.170	40
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	162

Figura 25- Relatório saída simulação 2.1 com linha 4

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	51.519	(Insuf)	9.8075	121.33	158
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.WaitTime	31.360	(Insuf)	.00000	146.47	158
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158
Entity 1.TotalTime	82.880	(Insuf)	9.8075	195.35	158
Iniciar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Iniciar3.Queue.WaitingTime	3.6583	(Insuf)	.00000	32.904	20
Iniciar2.Queue.WaitingTime	4.3367	(Insuf)	.00000	37.527	44
Iniciar1.Queue.WaitingTime	9.4335	(Insuf)	.00000	103.59	62
Preparar1.Queue.WaitingTime	10.466	(Insuf)	.00000	71.144	61
Tostar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	16.268	(Insuf)	.00000	35.808	4
Preparar3.Queue.WaitingTime	8.8882	(Insuf)	.00000	70.753	20
Tostar1.Queue.WaitingTime	4.5245	(Insuf)	.00000	29.268	61
Tostar2.Queue.WaitingTime	4.3185	(Insuf)	.00000	42.901	44
preparar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Tostar3.Queue.WaitingTime	2.0030	(Insuf)	.00000	19.064	20
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	23.238	(Insuf)	.00000	97.891	19
IniciarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
IniciarN2.Queue.WaitingTime	4.9448	(Insuf)	.00000	22.794	13
Finalizar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar3.Queue.WaitingTime	18.152	(Insuf)	.00000	54.117	20
Finalizar2.Queue.WaitingTime	4.2177	(Insuf)	.00000	27.546	44
Finalizar1.Queue.WaitingTime	21.480	(Insuf)	.00000	91.373	60
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	3.3941	(Insuf)	.00000	24.258	13
IniciarN1.Queue.WaitingTime	8.4285	(Insuf)	.00000	58.557	19
IniciarN3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	4
Preparar2.Queue.WaitingTime	5.5908	(Insuf)	.00000	79.229	44
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	158

Figura 26 -Relatório saída simulação 2.2 com finalizador

As duas opções apresentaram uma evolução face à simulação anterior com um claro destaque para a opção 1, que apresenta um resultado dentro dos tempos padrão, já a opção 2 apesar de ter existido uma melhoria continua sem estar dentro do objetivo. Tendo então a opção 1 apresentado 73.24s e a opção 2 apresentou 82.88s. Já a distribuição de pedidos seguiu a seguinte distribuição:

- Opção 1 (abertura linha 4):
 - Linha 1: 73 pedidos – 44.24%;
 - Linha 3: 22pedidos – 13.33%;
 - Linhas 1 e 3: 95 pedidos – 57.57%;
 - Linha 2: 50 pedidos – 30.30%;
 - Linha 4: 20 pedidos – 12.12%;
 - Linhas 2 e 4: 70 pedidos – 42.42%;
- Opção 2 (acrescentado finalizador linha 1):
 - Linha 1: 81 pedidos – 50.0%;
 - Linha3: 24 pedidos – 14.81%;
 - Linhas 1 e 3: 105 pedidos – 64.81%;
 - Linha 2: 52 pedidos – 35.18%;

A opção 1 quando em comparação com a simulação 1 consegue aquilo a que se havia proposto, uma maior distribuição dos pedidos pelas 4 linhas. Só que essa distribuição não passa por tirar sobrepressão da linha 1 para a linha 4 mas sim da linha 3 para a linha 4, faz com que o colaborador da linha 3, possa estar mais disponível para auxiliar a linha 1 e assim reduzir o tempo de espera para um pedido ser iniciado nessa linha. Já a opção 2 teve um efeito de uma maior condensação de pedidos na linha 1, o que faz com que os tempos de reação das outras linhas

baixe. Mesmo assim esta redução na reação das outras linhas, não é suficiente para alcançar o objetivo.

Ao comparar as duas opções, a opção 1 mostra-se mais vantajosa, uma vez que permite uma capacidade de resposta mais célere em todas as linhas.

A Figura 27 mostra a taxa de ocupação dos colaboradores na opção 1 e 2. Quando Comparadas as duas opções é evidente que na opção 1 os colaboradores estão todos menos ocupados o que faz com que estes apresentem uma reação mais rápida. Já na opção 2 essa taxa de ocupação baixa quando comparada com a simulação 1, daí a melhoria na capacidade de reação e, consequentemente, no tempo de produção. No entanto, esta diminuição não é suficiente para que os colaboradores possam estar disponíveis para preparar um novo pedido quando finalizam o anterior, e consequentemente existe um tempo de espera que faz com que os tempos de serviço estejam fora de padrão.

Identifier	Value	Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	166.00	Entity 1.NumberIn	162.00
Entity 1.NumberOut	162.00	Entity 1.NumberOut	158.00
Tostatadeira1.NumberSeized	49.000	Tostatadeira1.NumberSeized	61.000
Tostatadeira1.ScheduledUtilization	.31306	Tostatadeira1.ScheduledUtilization	.38972
Tostadeira4.NumberSeized	16.000	Finalizador 1.NumberSeized	164.00
Tostadeira4.ScheduledUtilization	.10222	Finalizador 1.ScheduledUtilization	.67492
Tostadeira2.NumberSeized	40.000	Tostadeira4.NumberSeized	.00000
Tostadeira2.ScheduledUtilization	.25556	Tostadeira4.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira3.NumberSeized	16.000	Tostadeira2.NumberSeized	44.000
Tostadeira3.ScheduledUtilization	.10222	Tostadeira2.ScheduledUtilization	.28111
Iniciador 2.NumberSeized	160.00	Tostadeira3.NumberSeized	20.000
Iniciador 2.ScheduledUtilization	.59269	Tostadeira3.ScheduledUtilization	.12778
Iniciador 3.NumberSeized	131.00	Iniciador 2.NumberSeized	158.00
Iniciador 3.ScheduledUtilization	.50198	Iniciador 2.ScheduledUtilization	.56938
Iniciador 1.NumberSeized	216.00	Iniciador 3.NumberSeized	147.00
Iniciador 1.ScheduledUtilization	.70652	Iniciador 3.ScheduledUtilization	.56552
Iniciador 4.NumberSeized	106.00	Iniciador 1.NumberSeized	221.00
Iniciador 4.ScheduledUtilization	.43997	Iniciador 1.ScheduledUtilization	.72077
tapete.NumberSeized	162.00	Iniciador 4.NumberSeized	.00000
tapete.ScheduledUtilization	.00000	Iniciador 4.ScheduledUtilization	.00000
System.NumberOut	162.00	tapete.NumberSeized	158.00
		tapete.ScheduledUtilization	.00000
		System.NumberOut	158.00

Figura 27 - Comparação taxa de ocupação simulação 2.1 VS 2.2

5.3.3 Simulação 3

Esta simulação tem por objetivo perceber qual a capacidade máxima de pedidos/intervalo de chegada de clientes para a qual uma linha com um colaborador é suficiente. Tendo em conta que o tempo padrão para confeccionar um pedido é de 60 segundos, e será apenas um funcionário a preparar este pedido, a primeira tentativa passou por termos um intervalo de chegadas um pouco inferior a 60 segundos, no caso 55 segundos. Para tal, foi utilizada a distribuição mais adequada aos dados recolhidos, a função Gamma. Esta função pode ser representado por $\Gamma(k, \theta)$, em que k é o parâmetro da forma da distribuição, θ é o parâmetro da taxa. O valor esperado do tempo entre duas chegadas pode ser dado pelo produto $k\theta$. Para obtermos um intervalo de 55 segundos, assumindo que a forma da distribuição se mantém idêntica, teremos então que considerar $\theta = 2.24$.

Para um intervalo de 55 segundos o tempo médio de preparação de um pedido foi de 77.5 segundos e, como tal, com esta taxa de chegada o sistema não consegue dar a resposta

adequada. Foi então simulada uma segunda tentativa em que o tempo médio entre chegadas é de 60 segundos. Com este intervalo entre chegadas temos que $\theta = 2.45$.

Esta simulação teve um resultado positivo, uma vez que o tempo médio de preparação de um pedido foi de 56.225 segundos, este valor é um pouco inferior aos 60 segundos, o que garante uma margem de segurança para pequenas flutuações de taxa de chegada.

Para refinar um pouco mais a aproximação para o limite de produtividade, foi feita uma terceira tentativa, que se situa entre as duas anteriores, em que o tempo médio entre chegadas é de 57.5 segundos, e consequentemente utilizamos $\theta = 2.34$.

Para um intervalo entre chegadas de 57.5 segundos o tempo médio de preparação de um pedido foi de 69.46 segundos, como é visível na Figura 28. Este resultado está no limite superior dos valores padrão, correspondendo assim ao limite para o qual um colaborador é suficiente.

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	53.059	(Insuf)	10.075	100.28	63
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	63
Entity 1.WaitTime	16.399	(Insuf)	.00000	71.645	63
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	63
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	63
Entity 1.TotalTime	69.458	(Insuf)	10.898	155.55	63
Iniciar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Iniciar3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Iniciar2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Iniciar1.Queue.WaitingTime	7.1713	(Insuf)	.00000	45.029	51
Preparar1.Queue.WaitingTime	5.5098	(Insuf)	.00000	28.872	51
Tostar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Preparar3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Tostar1.Queue.WaitingTime	1.8526	(Insuf)	.00000	17.887	51
Tostar2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
preparar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Tostar3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	7.7320	(Insuf)	.00000	27.126	12
IniciarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
IniciarN2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar4.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Finalizar1.Queue.WaitingTime	2.3097	(Insuf)	.00000	15.812	51
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
IniciarN1.Queue.WaitingTime	6.7791	(Insuf)	.00000	22.310	12
PrepararN3.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
Preparar2.Queue.WaitingTime	--	--	--	--	0
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	63

Figura 28 -Relatório de saída simulação 3

Para este intervalo entre chegadas e com um colaborador sozinho na cozinha, foi possível preparar 64 pedidos. Quanto à taxa de ocupação limite para a qual um colaborador consegue cumprir com os tempos padrão é de 60%, como é possível ver na Figura 29.

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	63.000
Entity 1.NumberOut	63.000
Tostadeira1.NumberSeized	51.000
Tostadeira1.ScheduledUtilization	.32583
Finalizador 1.NumberSeized	.00000
Finalizador 1.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira4.NumberSeized	.00000
Tostadeira4.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira2.NumberSeized	.00000
Tostadeira2.ScheduledUtilization	.00000
Tostadeira3.NumberSeized	.00000
Tostadeira3.ScheduledUtilization	.00000
Iniciador 2.NumberSeized	.00000
Iniciador 2.ScheduledUtilization	.00000
Iniciador 3.NumberSeized	.00000
Iniciador 3.ScheduledUtilization	.00000
Iniciador 1.NumberSeized	177.00
Iniciador 1.ScheduledUtilization	.60270
Iniciador 4.NumberSeized	.00000
Iniciador 4.ScheduledUtilization	.00000
tapete.NumberSeized	63.000
tapete.ScheduledUtilization	.00000
System.NumberOut	63.000

Figura 29 -Relatório de saída taxas de ocupação dos funcionários simulação 3

5.3.4 Simulação 4

Esta simulação tem por objetivo descobrir a capacidade máxima de resposta do restaurante. Para tal serão consideradas as quatro linhas de produção, cada uma delas com um colaborador para cada tarefa, podendo eles ajudar outros colaboradores. Os iniciadores podem ajudar na preparação, os preparadores na finalização dos produtos das próprias linhas, os finalizadores poder-se-ão ajudar mutuamente nas linhas 1 e 3, e linhas 2 e 4. Para tal, teremos em conta que o tempo de limite de um pedido deve ser próximo de 60 segundos.

Na primeira simulação consideramos que o tempo entre chegadas seria de 15 segundos. Para este efeito temos que $\theta = 0.61$.

Com estes valores obtivemos um tempo médio de serviço de 82.95 segundos, tal como apresentado na Figura 30. Um valor que está acima do padrão de serviço.

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	50.026	(Insuf)	10.531	96.947	213
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	213
Entity 1.WaitTime	32.923	(Insuf)	.00000	191.77	213
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	213
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	213
Entity 1.TotalTime	82.950	(Insuf)	10.843	255.27	213
Iniciar4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	12
Iniciar3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	27
Iniciar2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	53
Iniciar1.Queue.WaitingTime	.53279	(Insuf)	.00000	24.540	73
Preparar1.Queue.WaitingTime	22.128	(Insuf)	.00000	125.07	72
Tostar4.Queue.WaitingTime	.09033	(Insuf)	.00000	1.0839	12
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	28.030	(Insuf)	.00000	90.165	5
Preparar3.Queue.WaitingTime	23.705	(Insuf)	.00000	73.816	27
Tostar1.Queue.WaitingTime	3.7217	(Insuf)	.00000	36.360	73
Tostar2.Queue.WaitingTime	1.1729	(Insuf)	.00000	14.182	53
preparar4.Queue.WaitingTime	2.4307	(Insuf)	.00000	18.584	12
Tostar3.Queue.WaitingTime	1.2386	(Insuf)	.00000	17.349	27
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	15.912	(Insuf)	.00000	87.359	24
IniciarN4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	3.8502	(Insuf)	3.8502	3.8502	1
IniciarN2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	21
Finalizar4.Queue.WaitingTime	17.425	(Insuf)	.00000	44.471	12
Finalizar3.Queue.WaitingTime	28.000	(Insuf)	.00000	103.27	27
Finalizar2.Queue.WaitingTime	6.8424	(Insuf)	.00000	63.939	52
Finalizar1.Queue.WaitingTime	29.570	(Insuf)	.00000	100.36	72
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	5.2738	(Insuf)	.00000	56.963	21
IniciarN1.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	24
IniciarN3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	5
Preparar2.Queue.WaitingTime	4.9305	(Insuf)	.00000	31.297	52
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	213

Figura 30 - Relatório de saída simulação 4 tentativa 1

Como é visível na Figura 30 as linhas 1 e 3 têm tempos médios de espera superiores, sendo as linhas 2 e 4 mais eficientes. Quando comparando a produtividade das diferentes linhas temos os seguintes dados:

- Linha 1: 97 pedidos – 44.9%
- Linha 3: 32 pedidos – 14.81%
- Linhas 1 e 3: 129 pedidos – 59.72%
- Linha 2: 74 pedidos – 34.26%
- Linha 4: 13 pedidos – 6.01%
- Linhas 2 e 4: 87 pedidos – 40.27%

Em termos comparativos a linha 1 e 3 iniciou cerca de mais 20% de pedidos que as linhas 2 e 4 com os mesmos colaboradores o que indica que os colaboradores das linhas 1 e 3 estão sobrecarregados quando comparados com as outras linhas, tal como visível na Figura 31, que mostra a taxa de ocupação de cada colaborador. Esta sobre carga deve-se ao facto de no caso de nenhuma linha estar ocupada o próximo pedido ira ser alocado a linha 1, estando esse pedido servido o pedido seguinte também lhe será alocado mesmo estando a linha ainda a trabalhar no pedido anterior o que fara aumentar o tempo de espera dos pedidos.

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	216.00
Entity 1.NumberOut	213.00
Tostadeira1.NumberSeized	73.000
Tostadeira1.ScheduledUtilization	.46373
Finalizador 4.NumberSeized	98.000
Finalizador 4.ScheduledUtilization	.38713
Finalizador 3.NumberSeized	155.00
Finalizador 3.ScheduledUtilization	.67131
Finalizador 2.NumberSeized	138.00
Finalizador 2.ScheduledUtilization	.55163
Finalizador 1.NumberSeized	200.00
Finalizador 1.ScheduledUtilization	.84790
Preparador 3.NumberSeized	59.000
Preparador 3.ScheduledUtilization	.25246
Preparador 4.NumberSeized	25.000
Preparador 4.ScheduledUtilization	.11006
Preparador 2.NumberSeized	125.00
Preparador 2.ScheduledUtilization	.47711
Preparador 1.NumberSeized	168.00
Preparador 1.ScheduledUtilization	.69054
Tostadeira4.NumberSeized	12.000
Tostadeira4.ScheduledUtilization	.07667
Tostadeira2.NumberSeized	53.000
Tostadeira2.ScheduledUtilization	.33792
Tostadeira3.NumberSeized	27.000
Tostadeira3.ScheduledUtilization	.17250
Iniciador 2.NumberSeized	126.00
Iniciador 2.ScheduledUtilization	.33241
Iniciador 3.NumberSeized	59.000
Iniciador 3.ScheduledUtilization	.16089
Iniciador 1.NumberSeized	169.00
Iniciador 1.ScheduledUtilization	.44209
Iniciador 4.NumberSeized	25.000
Iniciador 4.ScheduledUtilization	.06344
tapete.NumberSeized	213.00
tapete.ScheduledUtilization	.00000
System.NumberOut	213.00

Figura 31 - Taxa de ocupação funcionários simulação 4 tentativa 1

Na análise da Figura 31 pode-se concluir que, tal como os dados anteriores já indicavam, os colaboradores das linhas 1e 3 estão com uma taxa de ocupação superior aos restantes. Quando se analisam as tarefas que têm um tempo de reação mais elevado, verifica-se que são as que têm uma taxa de ocupação mais elevada, dos colaboradores da linha 1 e 3. O único colaborador que mantém uma ocupação inferior a 60% é o iniciador da linha 3, sendo que, o valor de 60% foi definido como o limite de ocupação em que um colaborador conseguia cumprir os tempos de serviço padrão.

Tendo em conta que os funcionários das linhas 2 e 4 apresentam uma taxa de ocupação inferior a 60% poder-se-á realocar um dos colaboradores dessas linhas para a linha 1 de modo a aumentar a capacidade de resposta desta linha e consequentemente baixar os tempos de

serviço. Como tal o colaborador a ser realocado será o preparador da linha 4, uma tarefa que pode ser cumprida pelo iniciador dessa linha em colaboração com o finalizador.

Com a alocação de um colaborador extra na linha 1 os colaboradores ficaram com as seguintes tarefas:

- Iniciador 1: só inicia
- Preparador 4: só prepara
- Preparador 1: ajuda a preparar e a finalizar
- Finalizador 1: só finaliza

A realocação de um colaborador teve um efeito positivo nos tempos de serviço uma vez que estes baixaram dos 82.95 segundos para os 68.58 segundos, tal como é visível na Figura 32. Um valor que já se encontra dentro dos tempos de serviço padrão.

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	48.816	(Insuf)	10.766	130.68	217
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	217
Entity 1.WaitTime	19.765	(Insuf)	.00000	152.18	217
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	217
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	217
Entity 1.TotalTime	68.582	(Insuf)	11.389	234.92	217
Iniciar4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	9
Iniciar3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	28
Iniciar2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	54
Iniciar1.Queue.WaitingTime	.22394	(Insuf)	.00000	10.918	74
Preparar1.Queue.WaitingTime	1.0079	(Insuf)	.00000	12.289	74
Tostar4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	9
FinalizarN3.Queue.WaitingTime	15.733	(Insuf)	.00000	69.648	8
Preparar3.Queue.WaitingTime	23.130	(Insuf)	.00000	81.752	27
Tostar1.Queue.WaitingTime	3.8512	(Insuf)	.00000	29.911	74
Tostar2.Queue.WaitingTime	2.1822	(Insuf)	.00000	22.026	54
preparar4.Queue.WaitingTime	7.9173	(Insuf)	.00000	39.886	9
Tostar3.Queue.WaitingTime	1.4345	(Insuf)	.00000	16.226	28
FinalizarN1.Queue.WaitingTime	8.5575	(Insuf)	.00000	61.682	33
IniciarN4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	2
FinalizarN4.Queue.WaitingTime	26.411	(Insuf)	.00000	52.823	2
IniciarN2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13
Finalizar4.Queue.WaitingTime	17.576	(Insuf)	.00000	43.424	9
Finalizar3.Queue.WaitingTime	17.830	(Insuf)	.00000	64.884	27
Finalizar2.Queue.WaitingTime	10.856	(Insuf)	.00000	100.09	53
Finalizar1.Queue.WaitingTime	9.6724	(Insuf)	.00000	60.452	73
FinalizarN2.Queue.WaitingTime	8.1008	(Insuf)	.00000	26.212	13
IniciarN1.Queue.WaitingTime	.41545	(Insuf)	.00000	7.7043	33
IniciarN3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	8
Preparar2.Queue.WaitingTime	11.072	(Insuf)	.00000	61.966	54
OAT.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	217

Figura 32 - Relatório de saída simulação 4 tentativa 2

Quando comparamos com a tentativa anterior, verificamos que os tempos de espera das linhas 1 e 3 baixaram significativamente e que os das linhas 2 e 4 subiram um pouco. Isto indica que a alocação de um colaborador da linha 4 à linha 1 teve efeitos positivos nessa linha sem prejudicar em demasia a linha que o perdeu. Comparando a produtividade das diferentes linhas temos os seguintes dados:

- Linha1: 107 pedidos – 48.41%
- Linha 3: 36 pedidos – 16.29%
- Linhas 1 e 3: 143 pedidos – 64.71%

- Linha 2: 67 pedidos – 16.29%
- Linha 4: 11 pedidos – 4.97%
- Linhas 2 e 4: 78 pedidos 35.29%

Quando comparado com a simulação anterior, no que diz respeito à distribuição de pedidos, existiu um aumento por parte das linhas 1 e 3 e uma diminuição nas linhas 2 e 4 ou seja, o colaborar extra permitiu não só um aumento na resposta dada aos pedidos, como também um aumento na capacidade de resposta, passando a ser possível iniciar mais pedidos e de forma mais rápida.

Quanto à taxa de ocupação dos colaboradores, existiu uma diminuição nas linhas 1 e 3 e um aumento nas restantes, tal como visível na Figura 33. Com estas alterações os colaboradores passaram a cumprir a taxa de ocupação máxima de 60%, que lhes permite serem produtivos e cumprir com os tempos de serviço padrão.

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	221.00
Entity 1.NumberOut	217.00
Tostatdeira1.NumberSeized	74.000
Tostatdeira1.ScheduledUtilization	.47278
Finalizador 4.NumberSeized	86.000
Finalizador 4.ScheduledUtilization	.42770
Finalizador 3.NumberSeized	168.00
Finalizador 3.ScheduledUtilization	.64362
Finalizador 2.NumberSeized	131.00
Finalizador 2.ScheduledUtilization	.56137
Finalizador 1.NumberSeized	141.00
Finalizador 1.ScheduledUtilization	.55409
Preparador fixo.NumberSeized	74.000
Preparador fixo.ScheduledUtilization	.28482
Preparador 3.NumberSeized	62.000
Preparador 3.ScheduledUtilization	.23497
Preparador 2.NumberSeized	120.00
Preparador 2.ScheduledUtilization	.51351
Preparador 1.NumberSeized	106.00
Preparador 1.ScheduledUtilization	.40865
Tostadeira4.NumberSeized	9.0000
Tostadeira4.ScheduledUtilization	.05750
Tostadeira2.NumberSeized	54.000
Tostadeira2.ScheduledUtilization	.34500
Tostadeira3.NumberSeized	28.000
Tostadeira3.ScheduledUtilization	.17889
Iniciador 2.NumberSeized	121.00
Iniciador 2.ScheduledUtilization	.30635
Iniciador 3.NumberSeized	63.000
Iniciador 3.ScheduledUtilization	.15817
Iniciador 1.NumberSeized	181.00
Iniciador 1.ScheduledUtilization	.46423
Iniciador 4.NumberSeized	31.000
Iniciador 4.ScheduledUtilization	.11079
tapete.NumberSeized	217.00
tapete.ScheduledUtilization	.00000
System.NumberOut	217.00

Figura 33 - Taxa de ocupação colaboradores simulação 4 tentativa 2

6. Conclusão

6.1 Principais conclusões

A simulação tem-se mostrado como uma das ferramentas mais importantes para as empresas e o desenvolvimento das mesmas, pois através desta ferramenta inúmeras soluções podem ser testadas sem prejuízo para as empresas. Neste trabalho foram testados vários cenários, quer com o objetivo de comparar a situação atual com outras opções, quer com o objetivo de determinar as condições ideais de trabalho e a resposta a diferentes níveis de procura. As quatro simulações realizadas tiveram os seguintes objetivos:

- Simulação 1: Simular as condições de um dia em que os resultados pretendidos não tenham sido atingidos, encontrar pontos críticos e identificar opções de melhoria.
- Simulação 2: Simular as opções de melhoria definidas na simulação anterior, verificar qual delas se mostrou mais indicada, analisar as melhorias obtidas e possíveis constrangimentos.
- Simulação 3: Simular as condições em que um colaborador está no limite das suas capacidades, ou seja, o ponto máximo em que este é produtivo e consegue cumprir um serviço dentro do estipulado pela política da empresa.
- Simulação 4: Simular as condições limite do restaurante.

Da simulação 1 foi possível concluir que os pontos críticos para aquelas condições passavam pelo excesso de pedidos para o colaborador presente na linha 1, o que fazia com que este, demorasse muito a responder a novos pedidos e, consequentemente, o colaborador da linha 3 ocupasse uma grande parte do seu tempo a ajudar o outro colaborador, fazendo com que este tivesse também um tempo de atendimento demasiado demorado. Foram então propostas 2 alternativas para a resolução deste problema adicionando apenas mais um colaborador, ou seja, as duas alternativas teriam o mesmo custo.

A simulação 2 testou as duas alternativas propostas previamente, o novo colaborador abrir a linha 4 ou o novo colaborador ajudar o colaborador pré-existente na linha 1. Ambas as alternativas se mostraram vantajosas relativamente à simulação 1, tendo ambas conseguido uma melhoria na capacidade de resposta. No entanto, a opção de abrir a linha 4 mostrou-se mais vantajosa, uma vez que, com esta opção, os padrões foram atingidos. Com a segunda opção, apesar de melhores resultados, não se atingiram os padrões definidos. Uma conclusão a ser retirada desta simulação, é que a abertura de novas linhas deve ser prioritária, garantindo assim uma maior capacidade de resposta a novos pedidos, uma vez que, com esta opção, há uma maior distribuição dos mesmos.

Com a simulação 3 foi possível concluir que a taxa de ocupação para a qual um colaborador tem a capacidade de cumprir com as condições padrão de atendimento é de 60%.

Com base no resultado obtido na simulação 3, a simulação 4 tinha por objetivo simular as condições limites para o restaurante. A simulação 4 teve duas opções para a mesma taxa de chegada de clientes. Com a primeira opção percebeu-se que existiam colaboradores com uma taxa de ocupação superior a 60% e outros com inferior. De modo a existir um equilíbrio da ocupação dos colaboradores, decidimos alterar a alocação de um dos colaboradores, de modo que todos tivessem uma taxa de ocupação semelhante. Esta alteração mostrou-se bem-

sucedida. Não só foi possível diminuir os tempos gerais de espera como também foi possível homogeneizar o esforço dos diferentes colaboradores.

6.2 Trabalhos futuros

Este trabalho teve por base um único período do dia, as horas de almoço durante a semana, em que os clientes do restaurante são fundamentalmente estudantes. Como tal, os pedidos deste tipo de clientes passam essencialmente por menus com um único artigo. Ficou assim por explorar a possibilidade de serem testados outros períodos do dia, em que os pedidos podem ser de natureza diferente. Por exemplo, durante a tarde os pedidos são essencialmente gelados ou artigos da europoupança, e ao jantar podem ser pedidos com mais que um artigo ou até mesmo para mais do que uma pessoa.

Poderá também ser interessante voltar a recolher informação sobre o desempenho das diversas linhas para se perceber se a eficiência dos processos aumenta com a experiência dos colaboradores.

7. Bibliografia

- Bachmann, K. J., Banks, H. T., Höpfner, C., Kepler, G. M., LeSure, S., McCall, S. D., & Scroggs, J. S. (1999). Optimal design of a high pressure organometallic chemical vapor deposition reactor. *Mathematical and Computer Modelling*, 29(8), 65–80. [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(99\)00071-0](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(99)00071-0)
- Banks, J. (1999). Introduction to simulation. *WSC'99. 1999 Winter Simulation Conference Proceedings. "Simulation - A Bridge to the Future" (Cat. No.99CH37038)*, 7–13. <https://doi.org/10.1109/WSC.1999.823046>
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1–3), 53–64. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Gonçalves, M., Silva, D., & Silva, D. A. (2016). _DA SILVA - 2016_ Jidoka - Conceitos e aplicação da autonomia em uma empresa da indústria eletrônica. In *Espacios* (Vol. 37, Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/307447773>
- Gorenflo, G., & Moran, J. W. (2010). The ABCs of PDCA. *Public Health Foundation*.
- Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>
- Lee, L. C. (1989). A Comparative Study of the Push and Pull Production Systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 9(4), 5–18. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000001233>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Rodrigues da Rosa, P., Zatt Chardosin, F., Dias Alperstedt, G., & Ghisi Feuerschütte, S. (2024). Estudo de caso e pesquisa-ação: semelhanças e distinções entre os métodos. *Revista de Ciências Da Administração*, 25(65), 1–17. <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2023.e80766>
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 899–903. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309>
- Schons, C. H., & Rados, G. V. (2009). A importância da gestão de filas na prestação de serviços: um estudo na BU/UFSC. *RDBCi: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência Da Informação*, 6(2), 116. <https://doi.org/10.20396/rdbci.v6i2.1991>
- Simões de Oliveira Rodrigues, G., Alberto Henriques Sanches, P., Moraes da Silva, L., Mazine da Rocha, B., & Bittencourt Nazaré, T. (2022). GESTÃO DE FILAS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇAÍ EM UMA SORVETERIA. *Revista Mythos*, 18(2), 21–30. <https://doi.org/10.36674/mythos.v18i2.721>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

Zhang, X., & Ahmed, R. R. (2022). A queuing system for inert construction waste management on a reverse logistics network. *Automation in Construction*, 137, 104221. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104221>