

## APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM UMA EMPRESA DO SETOR DE PANIFICAÇÃO

Jarbas Ancelmo da Silva Júnior (UFG-RC) jarbasjunior95@gmail.com  
Natália Cibele de Sousa Santos (UFG-RC) nataliaaeng.producao@gmail.com  
Nayara Felício de Oliveira (UFG-RC) nayara.fo2@gmail.com  
Lara Cristine Pereira dos Santos (UFG-RC) laracristineps@gmail.com

### Resumo:

Condigno ao cenário altamente competitivo em que as indústrias estão inseridas, é de extrema importância que as empresas adotem ferramentas que lhes auxiliem nas tomadas de decisões. Neste contexto, a simulação de sistemas é uma ótima ferramenta para auxiliar as empresas sem que seja necessário realizar mudanças em seu espaço físico. Com base nesta conjuntura, o objetivo do presente trabalho é simular o comportamento de um sistema real, utilizando as técnicas de simulação de sistemas, a fim de propor melhorias ao desempenho do processo e das operações necessárias para realização da fabricação de pães de queijo. Para isso, empregou-se o procedimento de pesquisa experimental devido ao uso de simulação. Foram modelados e simulados dois cenários, um cenário atual e um proposto, verificou-se, com isso, que o cenário proposto apresentou uma melhoria no total médio de saídas do sistema. Este trabalho contribuiu para um maior entendimento e divulgação acerca do uso de simulação de sistemas, como uma ferramenta que auxilia as empresas na tomada de decisões.

**Palavras chave:** Simulação de sistemas, Promodel®, panificadora.

## USE OF COMPUTATIONAL SIMULATION TECHNIQUE IN A COMPANY IN THE BAKING SECTOR

### Abstract

Regarding the absolutely competitive scenario in which the industries are inserted, it is extremely important that the companies pursue tools that assist them in decision making process. In this context, the system simulation is an incredible tool in order to help companies without being necessary perform physical changes in its layout. Based on this environment, the objective of this study is to simulate the real system behaviour, in order to come up with improvements to the process development and needed operations to perform the baking of the cheese bread. To do so, it was applied the experimental research due the simulation application. It was modelled and simulated two scenarios, the current scenario and a proposed scenario, it was verified, by analysis, the proposed scenario resulted in an improvement in the total average outputs from the system. This study contributed to a better understanding and spread about the system simulation application, as one tool that assists the companies in the decision making process.

**Key-words:** System Simulation, Promodel®, bakery.

### 1. Introdução

A Engenharia de Produção evoluiu-se no decorrer do século XX. Isso ocorreu, principalmente, como um retorno a importância de uma busca constante, por melhoria nos procedimentos e técnicas que envolvem o espaço produtivo, além, da busca por novos diferenciais competitivos,

como por exemplo, a preocupação em atender as exigências e necessidades do cliente (ABEPRO, 2002).

Com um foco em ferramentas e métodos que possibilitem a otimização e uma melhor utilização dos recursos produtivos, a Engenharia de Produção é subdividida em várias áreas, intitulada como grande área. Ou seja, o curso é organizado em vários ramos do conhecimento, e essa interdisciplinaridade contribui com um melhor desenvolvimento produtivo (ABEPRO, 2002).

Dentro da chamada grande área da Engenharia de Produção está a Simulação de Sistemas que é muito importante, principalmente quando se deseja reproduzir um processo real. A Simulação de Sistemas segundo Banks (2000), é uma reprodução do desempenho de um sistema concreto, em um período estabelecido, e inclui a elaboração similar do sistema real, objetivando tirar resultados e conclusões do processo executado.

De acordo com Freitas Filho (2008), a simulação tem sido cada vez mais utilizada e reconhecida como um método que auxilia profissionais de diferentes meios como, por exemplo, engenharia, biologia, dentre outros, a encontrarem soluções dos desafios encontrados cotidianamente. Essa técnica é estudada por vários autores como Chwif e Medina (2015), Law e Kelton (2000), Berends e Romme (1999) Buffa e Sarin (1987).

A empresa a ser estudada é uma Panificadora que atua no mercado em aproximadamente quatro anos. Segundo o Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria (2017), o ramo das panificadoras vem crescendo nos últimos anos e apresenta uma importante potencialidade tanto socialmente como economicamente, fornecendo trabalho e renda para a comunidade.

Desta forma, o objetivo geral do trabalho é aplicar as técnicas envolvendo a simulação de sistemas, analisando um ambiente real, nesse caso, uma panificadora, a fim de buscar e propor melhorias quanto ao desempenho do processo e das operações necessárias para fabricação de pães de queijo.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Simulação de Sistemas**

Organizações dos mais variados portes vem fazendo uso da técnica de simulação, por ser um método que as auxiliam nas tomadas de decisão. Encontra-se na literatura da área diversas formas de definir simulação. Harrel et al. (2002) a descreve como a importação da realidade, através de um modelo detalhado, lógico e matemático para um ambiente controlável, com o objetivo de visualizar como este sistema se comportará diante às mudanças realizadas em sua estrutura, ambiente ou condição de contorno.

Harrell, Ghosh e Bowden (2010) definem a simulação de sistemas como uma ferramenta de suporte a decisão, podendo ser aplicada em diversas áreas da Engenharia de Produção.

Chwif e Medina (2015) definem uma modelagem de simulação como uma compreensível representação de um sistema físico real, o qual, pode-se determinar as interações e relações das variadas partes que constituem o sistema.

Qualquer sistema pode ser representado e simulado através de um modelo, entretanto, quanto mais complexo for o sistema, mais tempo será necessário para realização da modelagem e simulação. Isto posto, tem-se a necessidade de definir os termos "sistema" e "modelo".

Law e Kelton (2000) definem um sistema como um conjunto de entidades, pessoas ou máquinas, que operam e interagem juntas por meio de suas atribuições visando atingir um objetivo específico. Conforme o mesmo autor, um estado do sistema pode ser compreendido

como um agrupamento de variáveis necessárias para retratar um sistema em um intervalo de tempo.

Bratley, Bennet e Schrage (1987) definem modelo como uma descrição de sistemas com o intuito de antever o que acontecerá quando alguma decisão é tomada. Portanto o modelo deve ser válido e estar harmônico com o sistema. Para Law e Kelton (2000), um modelo pode ser compreendido como uma representação de um sistema com um objetivo de estudo. O modelo deve estar suficientemente detalhado, de uma forma que permita que o analista tome decisões que possam ser aplicadas no sistema real.

Freitas Filho (2008) enumera algumas vantagens da aplicação de um estudo de simulação:

- i) facilidade de aplicação quando comparada aos métodos analíticos;
- ii) possibilidade de identificação de gargalos;
- iii) evita retrabalhos irrelevantes, por ser um método que permite analisar antecipadamente como o sistema se comportará diante das possíveis mudanças a serem realizadas;

Além das diversas vantagens de sua aplicação, Law e Kelton (2000) expõem algumas de suas desvantagens:

- i) Os modelos de simulação consomem tempo para serem desenvolvidos;
- ii) Um estudo de simulação fornece uma grande quantidade de números, fazendo com que as pessoas confiem no modelo mais do que deveriam. Pois, se não houver a representação exata do sistema, as informações obtidas terão uma tênue utilidade;
- iii) Modelar um sistema requer treinamento especializado, porém, a confiabilidade do estudo e qualidade do modelo dependem das habilidades e capacidade do modelador.

Para Saliby (1989) a abordagem de estudo da simulação apresenta uma grande expansão e tem sido cada vez mais utilizada em diversas áreas de conhecimento, o autor acredita que tal propagação corresponde ao fato da maior disponibilidade de recursos computacionais e da crescente complexidade dos problemas.

Indubitavelmente, a simulação computacional vem retratando constante evolução, principalmente por causa dos avanços nas áreas de hardware e software. Como afirmado por Chwif e Medina (2015), a simulação de sistemas é reproduzida por um modelo computacional, através de linguagens de simulação, programação ou uso de um simulador. Existem diversos pacotes de simulação, os quais, possuem o objetivo de diminuir a lacuna entre o entendimento que o usuário tem do modelo e sua forma executável. Arena<sup>®</sup>, AweSim<sup>®</sup>, SimFactory e ProModel<sup>®</sup> são alguns dos pacotes de simulação existentes. Dentre estes, o Promodel<sup>®</sup> será o software de simulação utilizado para realização do modelo apresentado neste trabalho.

Antes da construção do modelo computacional e utilização do simulador, Freitas Filho (2008) sugere que seja elaborado um modelo conceitual, o qual, trata-se de uma representação do funcionamento do sistema, bem como, representação de seus componentes, variáveis e interações lógicas. A modelagem conceitual reduz o tempo gasto na fase de construção dos modelos computacionais e aumenta a qualidade dos modelos de simulação.

### 3. Metodologia

A abordagem de pesquisa utilizada foi a quantitativa. Segundo Richardson (1999), a abordagem quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto na coleta de dados quanto no tratamento das informações, aplicando-se técnicas estatísticas.

Quanto ao procedimento de pesquisa, utilizou-se a pesquisa experimental, tal procedimento, segundo Creswell (1994) busca verificar as relações de causa e efeito de um determinado fato, e ao mesmo tempo possibilita que o pesquisador manipule as variáveis independentes. Segundo Bryman (1989) este procedimento é umas metodologias de pesquisa mais aconselháveis para abordagens quantitativas. Segundo Ferreira, Hochman e Barbosa (2005), o modelo experimental deve representar o objetivo de estudo da forma mais exata possível, por isso, a pesquisa experimental emprega algumas ferramentas, tais como: modelagens matemáticas, experimentos controlados em laboratório e simulações computacionais. Desta forma, utilizou-se este procedimento devido ao uso de simulação.

Empregou-se técnicas matemáticas e computacionais para simulação do sistema de produção de pães de queijo. Para Law e Kelton (2000), a empresa, objeto no nosso estudo é conceituada como um sistema terminal, pois apresenta condições iniciais fixas e um evento que determina um fim natural para o processo de simulação.

A simulação computacional foi realizada com o auxílio do Software Promodel<sup>®</sup> versão Student 2010, o qual foi escolhido em função da familiaridade entre o programa e os pesquisadores.

Para facilitar a elaboração do modelo computacional, elaborou-se um modelo conceitual, através da técnica IDEF-SIM, desenvolvida por Leal, Almeida e Montevechi (2008). Segundo, Sargent (2007), a modelagem conceitual deve ser feita visando facilitar a visualização e interpretação do sistema em estudo.

Diante da complexidade de um estudo de simulação, Law e Kelton (2000) sugerem uma proposta de estudo constituída por 10 etapas, as quais auxiliaram nosso estudo, sendo elas: Formulação do problema e planejamento do estudo; Coleta de dados e definição do modelo; Validação do modelo; Construção e verificação do programa computacional; Realização de execuções piloto; Validação do modelo programado; Projeto dos experimento; Realização das execuções de simulação; Análise de resultados; Documentação, apresentação e implementação dos resultados.

Os dados foram coletados na empresa de panificação durante dois dias consecutivos. Para realização das observações e cronometragem dos tempos, a produção de pães de queijo foi dividida em 4 atividades, a saber: (preparação da massa, modelagem da massa, tempo de forno e deslocamento do forno até o expositor). O tempo da última atividade foi considerado como constante de 5 minutos para melhor visualização da simulação.

Foram realizadas 15 observações de cada atividade, De acordo com Barnes (1977), através da equação 1, considerando um nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5%, quando  $N > N'$  pode-se aferir que o número de observações realizadas garantem a confiabilidade dos dados. Dessa forma, ao aplicar a equação 1 para as atividades cronometradas, foi possível identificar que  $N'$  apresentou valor menor que 15. Garantindo a confiabilidade dos dados coletados.

$$N' = \left( \frac{40\sqrt{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2]}}{\Sigma X} \right) \quad (1)$$

Onde:

$N'$ = número de observações necessárias

$N$ = número de observações realizadas;

$X$  = valor da amostra.

Para este estudo definiu-se um nível de confiança de 95%. Segundo Kelton, Sadowski, Sadowski (2002), para obtenção de um intervalo de confiança no valor de 95% é necessário que o resultado médio da simulação, em 95% das replicações, esteja dentro do intervalo da média obtida  $\pm$  o semi-intervalo (*half-width*).

Utilizou-se o software Sketchup<sup>®</sup> para produzir o *layout* da empresa e outras figuras utilizadas como apoio à biblioteca gráfica. O modelo foi validado e os resultados fornecidos pelo *Output Viewer*, ferramenta integrada ao software ProModel<sup>®</sup> foram avaliados.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Informações gerais no modelo simulado

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo de panificação. Sendo comercializado na mesma, grande variedade de quitandas, como, roscas, pães, broas de milho, pães de queijo, dentre outros. Porém, a partir de uma análise prévia dos produtos e entrevistas com a proprietária foi possível constatar o produto mais vendido: o pão de queijo. Desta forma, o trabalho terá como foco, a produção desta entidade. O processo produtivo é conduzido por uma “cozinheira”, responsável por toda as etapas de desenvolvimento. A produção do “pão de queijo” é realizada da seguinte forma, primeiro a padreira coleta a “matérias prima” que será utilizada no processo, deslocando-a até a “maseira”, onde haverá a junção da matéria prima originando a “massa”, posteriormente, esta massa é transportada pela cozinheira até o “posto de trabalho 2” para serem modelados no formato desejado e prontos para serem assados, formando assim a “massa”, consistindo neste o penúltimo processo, levando-os até o “forno” para serem assados durante 30 minutos. Como última etapa, há o transporte do produto acabado, pão de queijo, até o “expositor”, prontos para serem comercializados. Portanto, o processo consiste de um total de cinco locais e uma padreira sendo está representada como recurso “cozinheira” no modelo elaborado. A tabela com os dados coletados pode ser visualizada no Anexo A.

Como a maior demanda pelo produto é realizada no período matinal, e pela limitação do espaço físico e dos equipamentos utilizados são feitas quantidades específicas de pães de queijo ao longo da manhã, portanto, analisou-se um período de 5 horas. Considerando, ainda, os pequenos descansos de 10 minutos entre as produções. A unidade de tempo e de distância utilizadas foram minutos e metros, respectivamente.

### 4.2. Principais resultados encontrados na simulação, considerando cenário atual

Para a análise dos valores médios alcançados nos relatórios, foram efetuadas 30 replicações e um tempo de simulação de 4,78 horas. Os semi-intervalos de confinça (*half-width*) obtidos foram inferiores a 10% das médias amostrais, o que aponta que a quantidade de replicações realizadas são consideradas satisfatórias, garantindo a precisão dos valores médios encontrados.

A Tabela 1 expõe os dados relativos a média total de saída da entidade “pão de queijo”, são apresentados, também, os resultados referentes aos valores mínimos, máximos, desvio padrão intervalos de confiança de 95% inferior e superior, além, do *half-width*.

Pode-se inferir que ao longo das 4,78 horas de simulação, foram processados em média 1280 pães de queijo.

Entidade	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% confiança inferior	Half-width
Pão de queijo	1280	1280	1280	0	1280	1280	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 1 - Total de saídas de “pão de queijo” do sistema, no cenário atual.

Vide Tabela 2, pode-se observar os tempos médios no sistema (que é a duração desde a entrada da entidade no sistema até ser transformada em outra ou até sair do sistema) para as duas entidades utilizadas na simulação, onde a entidade “massa”, possui um tempo médio de 52 minutos podendo variar 0,13 para mais ou para menos. E, também, a entidade “pão de queijo” com um tempo médio de 5,23 minutos.

Entidade	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Massa	52	52,56	51,37	0,20	52,13	51,87	0,13
Pão de queijo	5,23	5,23	5,22	0	5,23	5,23	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 2 - Tempo médio no sistema das entidades (em minutos).

Analisando a Tabela 3, é possível ver a taxa de utilização dos locais. Indicando “Forno” como o local com maior taxa de uso, em que durante as 4,78 horas simuladas esteve 84,78% sendo utilizado, podendo variar 0,05 para mais ou para menos. O local com menor utilização foi o estoque inicial com 0,06% e tendo a possibilidade de variar 0,01 para mais ou para menos, este valor deve-se à configuração de simulação, sendo programada sua chegada para a cada 30 minutos. O expositor teve um uso ínfimo, também, com uma média 1,12%, pois conforme os pães de queijo chegam ao local são instantaneamente vendidos, devido à alta demanda do período simulado.

Local	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Estoque inicial	0,06	0,08	0,03	0,02	0,06	0,05	0,01
Posto de trabalho 1	24,43	24,65	24,09	0,16	24,49	24,37	0,06
Masseira	44,50	45,97	42,82	0,93	44,85	44,15	0,35
Forno	84,78	85	84,53	0,13	84,83	84,73	0,05
Expositor	1,12	1,12	1,11	0	1,12	1,12	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 3 - Taxa de utilização dos locais no atual cenário da empresa.

Quanto ao recurso “cozinheira” foi analisado a sua taxa de utilização, pois como há apenas um operário havia a preocupação em relação a este dado. Porém, analisando o relatório do *Output Viewer* foi possível verificar uma taxa média de uso de 6,30% com uma variabilidade de 0,04 para mais ou para menos. Ou seja, durante as 4,78 horas analisadas, a padeira esteve sendo utilizada em média 6,30% do tempo. Este valor deve-se ao fato do recurso simulado ser responsável apenas pelos deslocamentos das entidades no sistema.

Recurso	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Cozinheira	6,30	6,46	6,18	0,10	6,34	6,26	0,04

Fonte: Autor (2017)

Tabela 4 - Utilização do recurso “cozinheira” no cenário atual.

Outro dado interessante a ser analisado do recurso “cozinheira” é a taxa de ociosidade da mesma, haja vista a Tabela 5, onde pode ser analisado que em média 92,35% do tempo programado ela ficou ociosa, podendo variar, para menos ou mais, 0,04. Legitimando a proposta de melhoria proposta a ser apresentada na seção a seguir.

Recurso	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Cozinheira	92,32	92,43	92,15	0,10	92,35	92,28	0,04

Fonte: Autor (2017)

Tabela 5 - Taxa de ociosidade do recurso “cozinheira” no cenário atual.

### 4.3. Proposta de melhoria

A fim de aumentar a produtividade da empresa estudada, é proposto como melhoria produzir o dobro de massa dos atuais 2 quilogramas para 4 quilogramas, utilizando a capacidade máxima da masseira e a ativação de um segundo forno já existente no estabelecimento. Utilizando os mesmos parâmetros do cenário atual de 5 horas de simulação ou 8 ocorrências, prevalecendo o primeiro a ocorrer, encontramos os seguintes resultados, que estão expostos nas tabelas a seguir.

#### 4.3.1. Principais resultados encontrados na proposta de melhoria

Para o modelo de melhoria foram utilizadas as mesmas 30 replicações, analisando as mesmas medidas de desempenho, média, máximo, mínimo, desvio padrão e intervalos de confiança de 95%. Apresentando em todos os casos *half width* inferior a 10% da média amostral.

Analisando a partir do total de saída das entidades foram encontrados os dados apresentados na Tabela 6, onde foi possível obter 2080 pães de queijo, em 5 horas de programação, obtendo um aumento considerável se comparado ao modelo atual operado pela empresa, justificado pelo aumento de massa a ser produzida, além do aumento em uma unidade de forno para assadura da massa modelada.

Entidade	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Pão de queijo	2080	2080	2080	0	2080	2080	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 6 - Total de saídas de “pães de queijo” do sistema.

A partir da Tabela 7, é possível perceber que o tempo aumentou frente aos tempos encontrados no cenário atual, porém se justifica haja visto que a quantidade produzida agora é mais elevada. No modelo proposto o tempo médio da entidade “massa” seria de 64,22 minutos, podendo variar, para mais ou menos, 0,07 minutos. Lembrando que a massa originará os pães de queijo. Já a entidade “pão de queijo” agora tem um tempo médio de 10,21 minutos.

Entidade	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Massa	64,22	64,52	63,96	0,18	64,28	64,15	0,07
Pão de queijo	10,21	10,21	10,21	0	10,21	10,21	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 7 - Tempo médio no sistema da entidades, no cenário proposto (em minutos).

Pode-se inferir, analisando a Tabela 8, que a taxa de utilização média do forno diminui, fundamentado pela quantidade agora de duas unidades em funcionamento, sendo que agora a utilização média deste ficou em 77,97%, variando 0,12 para mais ou para menos, e 71,81%, variando 0,06, para “Forno.1” e “Forno.2”, respectivamente. Outro dado interessante é o “Posto de trabalho 2”, segundo mais utilizado com 65,60% normalmente, variando este valor em 0,26.

Local	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Estoque inicial	0,32	0,38	0,28	0,04	0,34	0,30	0,02
Posto de trabalho 1	33,78	34,44	33,07	0,36	33,92	33,65	0,14
Posto de trabalho 2	65,60	64,34	66,89	0,70	65,34	65,86	0,26
Forno.1	77,97	78,47	77,46	0,30	78,08	77,85	0,12
Forno.2	71,81	72,07	71,43	0,15	71,87	71,75	0,06
Expositor	2,41	2,42	2,39	0,01	2,41	2,41	0

Fonte: Autor (2017)

Tabela 8 - Taxa de utilização dos locais no cenário proposto.

É possível verificar que o recurso “cozinheira” teve uma taxa de utilização média de 8,99%, podendo variar, este valor em 0,04 para mais ou menos. Houve um pequeno aumento na taxa de uso do mesmo devido a utilização de um segundo forno, onde agora teria que abastecer mais um forno com massa e retirá-la como pão de queijo e expô-lo à venda.

Recurso	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Cozinheira	8,99	9,25	8,90	0,11	9,03	8,95	0,04

Fonte: Autor (2017)

Tabela 9 - Utilização do recurso “cozinheira” no cenário proposto.

Vide Tabela 10, percebe-se que houve uma diminuição na taxa média de ociosidade do recurso, justificado pelo dado anteriormente citado, pois como houve um aumento na taxa média de utilização da mesma, diminuiu o tempo ocioso, como, também, a taxa ociosa média da mesma. Sendo esta taxa de 90,22%, com uma variância de 0,04 para mais ou menos.

Recurso	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Desvio padrão (%)	I.C. de 95% superior	I.C. de 95% inferior	Half-width
Cozinheira	90,22	90,28	90,00	0,10	90,26	90,18	0,04

Fonte: Autor (2017)

Tabela 10 - Taxa de ociosidade do recurso “cozinheira” no cenário proposto.

#### 4.4. Comparação de cenários

Ao comparar os resultados obtidos através dos dois cenários simulados, exposto na Tabela 11, foi possível perceber que, primeiramente, o total de saídas aumentaram consideravelmente, garantindo a proprietária uma maior produtividade de pães de queijo, um acréscimo de 800 unidades do produto. Entretanto, aliado a este resultado houve um pequeno acréscimo na taxa de utilização do recurso. Houve, ainda, um aumento no tempo médio do sistema e da taxa de utilização da “Masseira” e “Posto de trabalho 2”, porém, com uma taxa de saída maior, ou seja, um *trade off* desejável na linha de produção.

Variável/Cenário	Cenário atual	Cenário proposto
Total de saídas	1280 pães de queijo	2080 pães de queijo
Tempo médio no sistema para entidade “massa”	52 minutos	64,22 minutos
Tempo médio no sistema para entidade “pão de queijo”	5,23 minutos	10,21 minutos
Taxa média de utilização do “Posto de trabalho 2”	44,50 %	65,60 %
Taxa média de utilização do “Forno.1”	84,78 %	77,97 %
Taxa média de utilização do “Forno.2”	-	71,81 %
Taxa média de utilização do recurso “cozinheira”	6,30 %	8,99 %
Taxa média de ociosidade do recurso “cozinheira”	92,32 %	90,22 %

Fonte: Autor (2017)

Tabela 11 - Comparação entre os modelos simulados.

#### 5. Considerações finais

Os objetivos inicialmente propostos foram atingidos. Realizou-se a modelagem e simulação da produção de pães de queijo de um ambiente real, denominado de cenário atual, após a análise dos resultados deste cenário, propostas de melhorias foram feitas e outro cenário contendo tais propostas foi modelado e simulado, denominado de cenário proposto, e por fim, realizou-se a comparação entre estes dois cenários. Ambos foram desenvolvidos no software ProModel® e se diferenciam em relação a capacidade da masseira e do acréscimo de um forno.

Desta forma, os resultados obtidos apontaram que, em relação a quantidade de pães de queijo produzidos, o modelo proposto apresentou maior produtividade. A simulação do modelo proposto apresentou um aumento de produção de aproximadamente 61,63%, comparado com o cenário atual que apresentou, em média, 1280 unidades de pães de queijo produzidos ao final de 5 horas do turno de trabalho. Isto posto, verificou-se o seguinte *trade-off*: para aumentar a quantidade de saídas no modelo, é preciso aumentar a utilização média do recurso e dos locais.

Com a realização deste trabalho, pôde-se aferir o quão vantajosa a simulação é, por permitir que o comportamento do sistema fosse analisado sem realizar alterações físicas no sistema real.

Este trabalho pôde contribuir para a comunidade acadêmica uma vez que acrescentará à literatura mais um trabalho acerca da área de simulação computacional que cada vez mais ganha espaço e reconhecimento da sua potencial contribuição para aumentar a eficiência e produtividade de uma empresa. O mesmo contribui para a comunidade empresarial, ao passo

que estimula as empresas a utilizarem a técnica de simulação computacional como uma ferramenta de auxílio da tomada de decisão.

Por fim, para um trabalho futuro, sugere-se simular a produção de outros produtos da empresa, os quais também possuem uma boa saída, como roscas, broas e biscoito de queijo.

## Referências

- ABEPRO. **Um Panorama Atual da Engenharia de Produção**, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/PanoramaAtualEP4.pdf>. Acesso: 02/01/2017.
- BANKS, J.** *Introduction to simulation*. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000.
- BARNES, R. M.** *Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e Medida do trabalho*, 8ª ed. São Paulo. Edgard blucher, 1977.
- BERENDS, P.; ROMME, G.** *Simulation as a research tool in management studies European Management Journal*, v.17, n.6, pp.576-583, 1999.
- BRATLEY P.; BENNET L.; SCHRAGE L. E.** *A Guide to Simulation*, Second Edition. New York, Springer-Verlang, 1987.
- BRYMAN, A.** *Research methods and organization studies*. 1ª ed. London: Uniwin Hyman, 1989.
- BUFFA, E. S.; SARIN, R. K.** *Modern Production/Operations Management*. 8ª ed. John Wiley & Sons, 1987.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- CRESWELL, J. W.** *Research design: qualitative & quantitative approaches*. 4ª ed. London: Sage, 1994.
- FERREIRA, L. M.; HOCHMAN, B.; BARBOSA, M. V. J.,** *Modelos experimentais em pesquisa. Acta Cir. Bras.*, São Paulo, v. 20, supl.2 ,2005.
- FREITAS FILHO, P. J.** *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicação em Arena*. 2ª ed Florianópolis: Visual Books, 2008.
- HARRELL, C.; GHOSH, B.K.; BOWDEN, R. O.** *Simulation using ProModel*. 3. ed. New York: McGraw Hill, 2010.
- HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G. & GOGG, T. J.** *Simulação: otimizando os sistemas*. São Paulo: Belge Simulação e IMAM. 2ª ed. 2002.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA - ITPC. Performance do setor de panificação e confeitaria em 2016. (2017). Disponível em <http://institutoitpc.jimdo.com/indicadores-do-setor/>. Acesso: 02/09/2017.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A.** *Simulation with Arena*. 2ª ed. London: McGraw-Hill, 2002.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D.** *Simulation modeling and analysis*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- LEAL, F., ALMEIDA, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B.** Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 50., 2008. João Pessoa-PB. *Anais...* João Pessoa: SBPO, 2008.
- SALIBY, E.** *Repensando a simulação: a amostragem descritiva*. São Paulo: Atlas; Rio de Janeiro: Editora de UFRJ, 1989.
- SARGENT, R. G.** *Verification and validation of simulation models*. In: Winter Simulation Conference, USA, 2007.
- RICHARDSON, R. J.** *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 1999.

ANEXOS

ANEXO A – Dados coletados da pesquisa.

Atividade/ Tempos cronometrados (em minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Preparo da massa	8,53	8,38	8,20	8,27	8,37	8,6	8,75	9,07	8,82	8,67	8,47	8,95	8,37	8,78	8,7
Modelagem da massa	2,4	2,4	2,53	2,33	2,3	2,58	2,33	2,35	2,28	2,38	2,35	2,55	2,53	2,25	2,48
Tempo de forno	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

ANEXO B – Modelos conceituais usando a técnica IDEF-SIM.

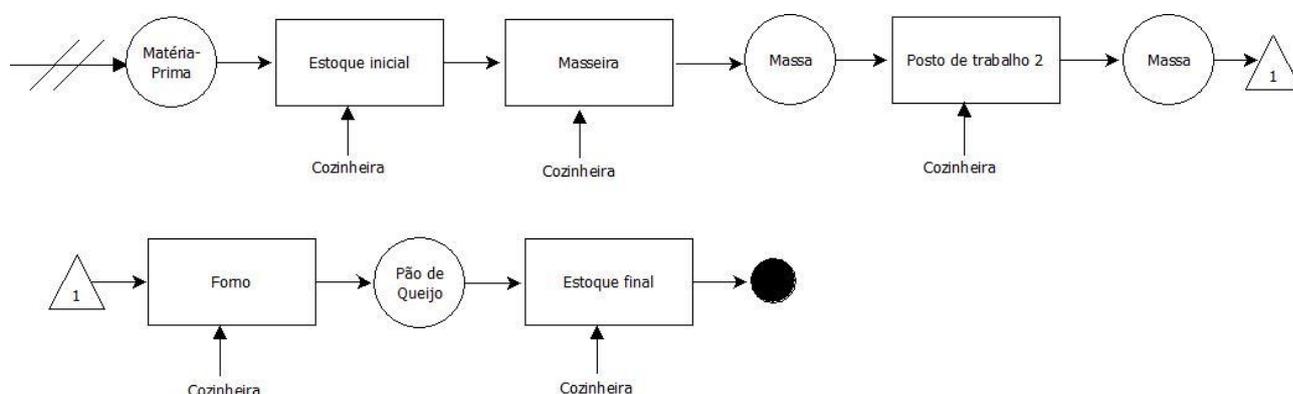


Figura B.1 – Modelo conceitual do cenário atual usando a técnica IDEF-SIM.

Fonte: Dados da pesquisa

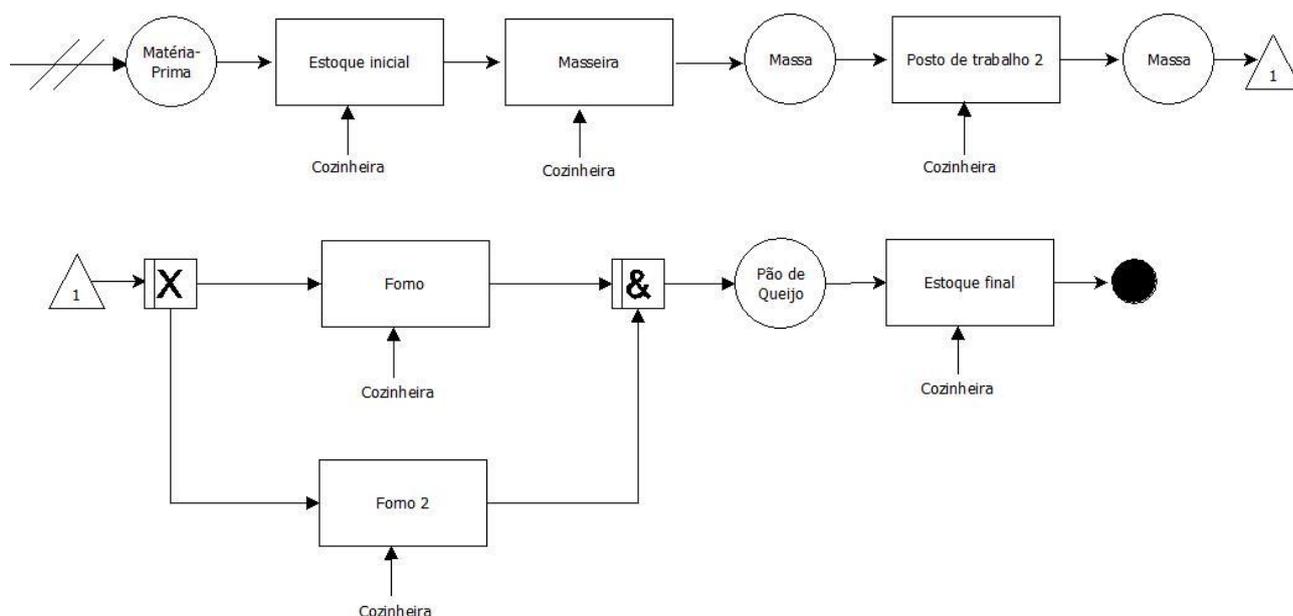


Figura B.2 – Modelo conceitual do cenário proposto usando a técnica IDEF-SIM.

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO C – Representação do sistema simulado no ProModel®.

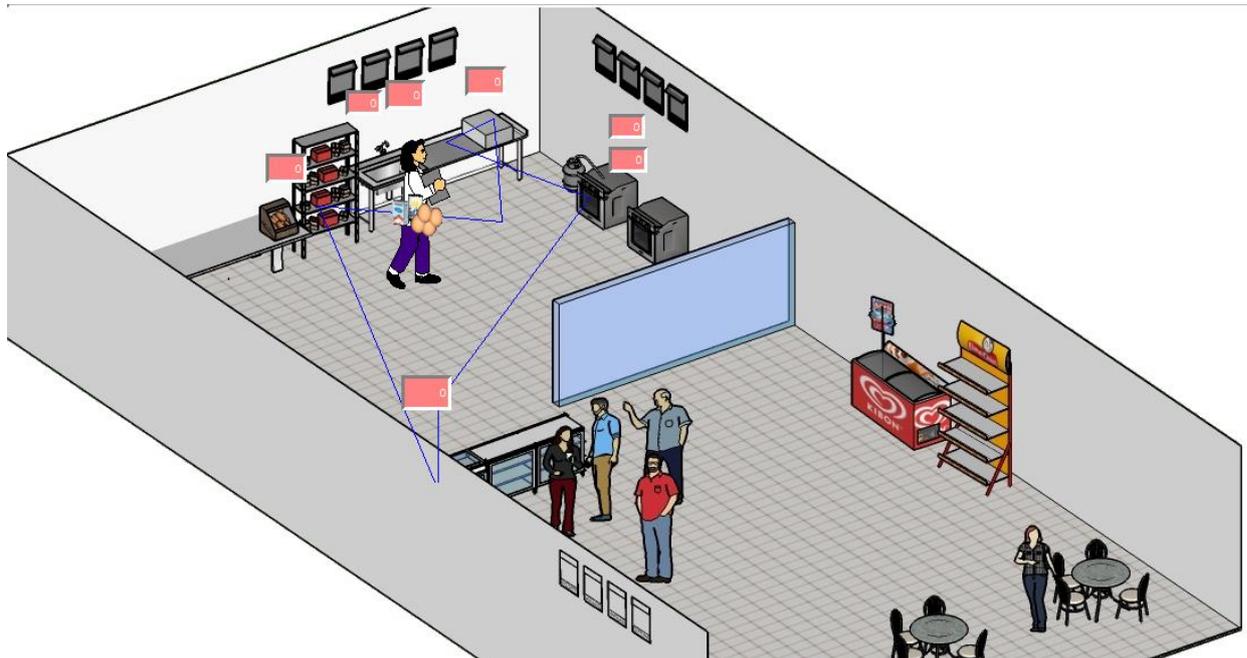


Figura C.1 – Representação do sistema simulado do cenário atual no ProModel®.

Fonte: Elaborado pelos autores.

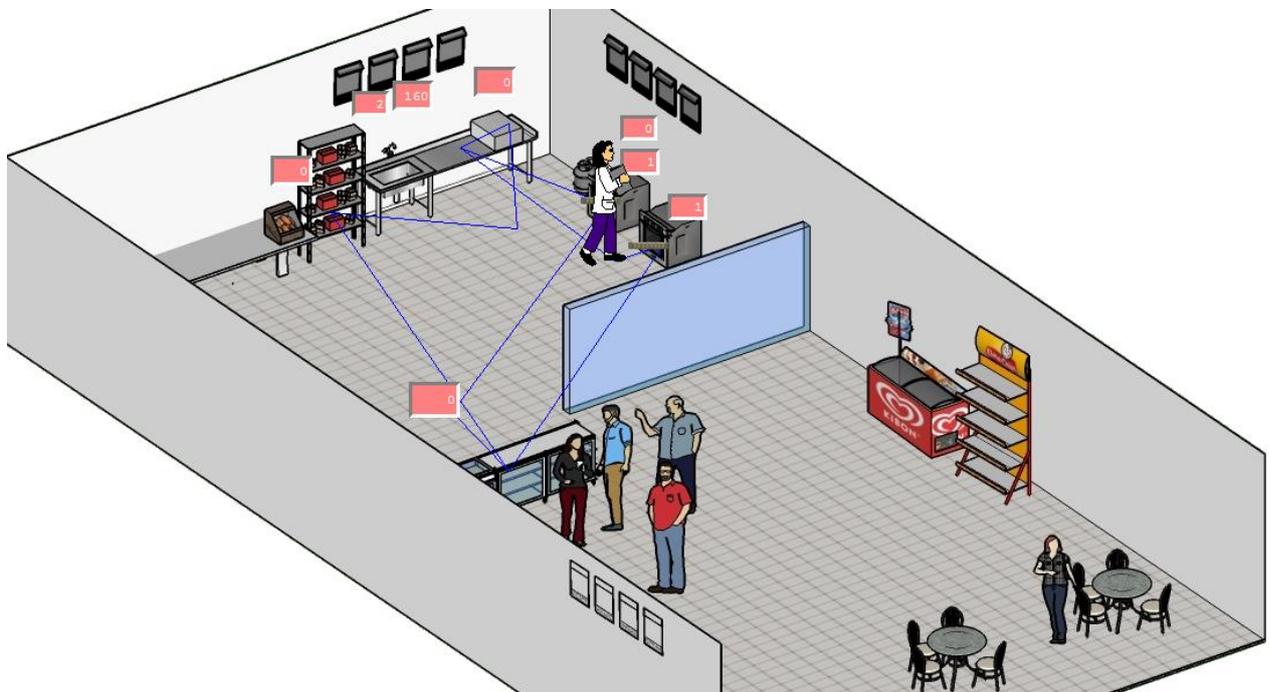


Figura C.2 – Representação do sistema simulado do cenário proposto no ProModel®.

Fonte: Elaborado pelos autores.