

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2020v9n2p3862>

Modelagem e simulação no estudo de melhoria da capacidade produtiva em uma empresa de serviços de lavanderia na cidade de passos*

Modeling and simulation in the study of productive capacity

Letícia Oliveira Andrade

Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

leticia.andrade@washtec.com.br

José Ferreira da Siva Junior

Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG

jose.junior@uemg.br

Thales Volpe Rodrigues

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

thales.volpe@hotmail.com

Gustavo Dambiski Gomes de Carvalho

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

gustavo.dambiski@gmail.com

RESUMO: O setor de serviço vem sendo estudado de modo mais intenso no meio acadêmico nas últimas décadas, onde também vem atuando de forma relevante para a economia. O mercado de lavanderias vem crescendo a cada dia, devido a vida corrida e os diferentes hábitos de consumo das pessoas, apresentando fatores que influenciam na transformação das lavanderias em uma ótima oportunidade para empreendedores que querem investir em um setor em crescimento. A produtividade e a qualidade visam atender todas as necessidades dos clientes, para que estes adquiram produtos ou serviços oferecidos pelas empresas, tornando-se critério de muitas organizações, de vários ramos de atividades, que buscam alcançar excelência nos processos e garantindo a competitividade no mercado. A simulação combinada com alguma técnica de mapeamento tem sido uma alternativa estratégica que os empresários encontraram para resolver problemas em seus processos produtivos. O problema desta pesquisa é que, a produção de uma lavanderia vivencia um atraso de finalização dos tapetes, impossibilitando a entrega no prazo estabelecido, tendo as mesas de acabamento como possíveis restrições no processo. Diante deste contexto, esta pesquisa teve por objetivo modelar e simular um sistema que representasse as principais características do processo em uma linha de acabamento em uma empresa prestadora de serviços em lavanderia, conseguindo avaliar a capacidade produtiva das mesas de acabamento que a empresa possuía. O método de pesquisa utilizado para este trabalho foi a modelagem e simulação e contou com o auxílio da ferramenta IDEF-SIM para o mapeamento. Logo feito o mapeamento e modelado e simulado o cenário, foi possível coletar dados. Para isso, foram realizadas análises dos resultados em comparativos no qual conseguiu uma melhoria de 15,41% em sua capacidade produtiva. Tornando mais fácil a tomada de decisão. Como contribuição científica esta pesquisa poderá servir como embasamento para trabalhos futuros relacionados à modelagem e simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação. Serviços. IDEF-SIM. Lavanderia.

ABSTRACT: *The service sector has been studied more intensively in the academic environment in recent decades, where it has also been acting in a relevant way for the economy. The laundry market is growing every day, due to the busy life and the different consumption habits of people, presenting factors that influence the transformation of laundries in a great opportunity for entrepreneurs who want to invest in a growing sector. Productivity and quality aim to meet all the needs of customers so that they purchase products or services offered by companies, becoming the criterion of many organizations, from various branches of activities, seeking to achieve excellence in processes and guaranteeing competitiveness in the market. Simulation combined with some mapping technique has been a strategic alternative that entrepreneurs have found to solve problems in their production processes. The problem with this research is that the production of a laundry experiences a delay in the finalization of the carpets, making it impossible to deliver on time, with the finishing tables as possible restrictions in the process. Given this context, this research aimed to model and simulate a system that represented the main characteristics of the process in a finishing line in a company that provides laundry services, managing to evaluate the productive capacity of the finishing tables that the company had. The research method used for this work was modeling and simulation and had the aid of the IDEF-SIM tool for mapping. After the mapping was done and the scenario was modeled and simulated, it was possible to collect data. For that, analyzes of the results were made in comparisons in which it achieved an improvement of 15.41% in its productive capacity. Making decision making easier. As a scientific contribution, this research may serve as a basis for future work related to modeling and simulation.*

KEYWORDS: *Simulation. Services. IDEF-SIM. Laundry.*

1 Introdução

Diante do crescimento econômico, o conhecimento da capacidade produtiva do processo é de extrema importância para que as organizações mantenham destaque perante a concorrência. A capacidade produtiva é quem vai definir se o processo vai conseguir atender a demanda com precisão, a mesma é importante para que não haja excesso de quantidade de recursos utilizados no processo (Astin & Davis, 2019; Hiller, do Nascimento, Fleig, & Keine, 2019).

Segundo Sua Franquia (2016), lavanderias seguem as mudanças e se capacitando para fidelizar os consumidores, modernizar os serviços e conquistar novos investidores. Entre os principais objetivos do segmento estão as buscas pelo máximo desempenho, redução de custos, melhoria de recursos, estratégias para tornar as operações mais produtivas e inovações constante para não perder espaço para a concorrência. Os hábitos estão mudando rapidamente, consumidores estão mais exigentes, buscam maior economia e serviço de qualidade e ao mesmo tempo desejam uma experiência positiva, algo que facilite a rotina atribulada (Contador, 2019; Ribeiro, Fernandes, & Nogueira, 2019).

Para Ragsdale (2009), para resolver diversos problemas enfrentados pelas empresas em seus sistemas produtivos, os executivos encontraram uma forma eficaz de analisar e avaliar alternativas para tomadas de decisões que envolvem simulação. A alternativa seria a implantação de um modelo computacional, que são suposições lógicas de dados matemáticos passados para um computador, e que passa representar um problema ou parte de uma tomada de decisão do sistema real.

Com a incorporação populacional ao mercado consumidor pesquisas indicam que setor de lavanderia vem crescendo no Brasil. O público alvo está dividido nas classes A e B, onde

pode-se destacar três fatores que contribuem para o crescimento, sendo: o aumento na carga de trabalho tanto para o homem quanto para a mulher, fazendo com que a rotina intensa subtraia o tempo para serviços domésticos, a dificuldade na contratação de profissionais de limpeza, a partir da PAC das domésticas, a verticalização urbana, ou seja, apartamentos cada vez menores (SEBRAE-SP, 2016).

Por fim, mesmo com o crescimento animador no setor de lavanderia segundo SINDILAV (2019), são poucos os números de trabalhos e pesquisas voltados para o setor de lavanderia utilizando a modelagem e simulação a eventos discretos, porém existe uma considerável parte de pesquisas realizadas através de simulação em indústrias de grande porte, no qual influenciou para o desenvolvimento deste trabalho, com o número pequeno de trabalhos encontrados, também contribuiu na escolha do tema, para apoio de futuros trabalhos e pesquisas no ramo.

Neste panorama de mudanças e oportunidades faz com que a empresa estudada se adeque, buscando sempre ir além das expectativas dos seus clientes e visando com eficiência e eficácia todos os processos até a chegada no cliente final. Atualmente a empresa presencia um atraso na linha de produção, não conseguindo atender a demanda de forma eficiente. As mesas de acabamento, como possíveis restrições, onde para esta presente pesquisa foi utilizada ferramentas como ProModel® e o IDEF-SIM, que foram escolhidas devido a facilidade de aplicação e utilização, que mapeou e modelou todo o processo atual, identificando os gargalos como possíveis restrições, e com isso simulando um novo modelo como proposta de melhoria.

Com base neste contexto esta pesquisa tem como objetivo modelar e simular um sistema que represente de modo personalizado as características do processo no setor de acabamento dentro de uma empresa que presta serviços de lavanderia na cidade de Passos-MG, buscando apresentar uma proposta para melhorar a capacidade produtiva, analisando os possíveis gargalos. Assim este estudo contribui demonstrando que a modelagem e simulação também pode ser aplicada em prestadoras de serviços. Além de apresentar uma metodologia clara que contribui para replicar trabalhos similares e a difusão do tema na academia.

O trabalho foi estruturado em cinco seções, dando início por uma visão Geral do que foi abordado durante todo o estudo, apresentando introdução. A seção dois apresenta o referencial teórico para as afirmações de temas teóricos apresentadas sobre o processo. Em seguida o estudo aborda os procedimentos e ferramentas metodológicas com as descrições detalhada dos métodos, técnicas e processos utilizados neste estudo. Na seção 4 o desenvolvimento contém a aplicação das ferramentas citadas para melhor desempenho do processo produtivo na empresa. Por fim a conclusão apresenta um resumo e os resultados do trabalho desenvolvido, mostrando as dificuldades e facilidades do desenvolvimento e uma proposta de melhoria para o mesmo. Após o último capítulo, o trabalho apresenta referências bibliográficas utilizadas durante todo o desenvolvimento do mesmo.

2 Referencial teórico

2.1 Modelagem e simulação

A modelagem e simulação foi desenvolvida nos Estados Unidos, no final dos anos de 1950. A simulação foi desenvolvida para auxiliar no planejamento de operações e tomadas de decisões dos militares, com o objetivo de planejar a distribuição de suprimentos em grandes batalhas e também na alocação dos recursos escassos, tendo assim resultados muito significativos e satisfatórios (Bossel, 2013; dos Santos et al., 2019; Medeiros & Medeiros, 2002; Rodrigues et al., 2019)

A simulação computacional, segundo Hillier e Lieberman (2006), é a técnica de pesquisa operacional mais utilizada e de grande importância por ser flexível, e por apresentar

um nível menor de complexidade. Prado (2006) ainda diz que possíveis melhorias, otimização de recursos e processos são feitos por meio de modelagem e simulação computacional.

De acordo com Maurício, Leal e Lombardi (2015), a simulação consegue analisar e avaliar sistemas reais com a construção de modelos computacionais, sendo assim, uma grande ferramenta de apoio para tomada de decisão. Atualmente muitos programas podem ser utilizados para desenvolver uma simulação, tais como: *Arena*; *Taylor*; *ProModel®*; *Audomod*; *Spss*; dentre outros.

A modelagem e simulação são ferramentas utilizadas dentre outras coisas, para analisar detalhadamente como é a formação de operação de um sistema. É uma ferramenta utilizada para desenvolver políticas operacionais e recursos para personalizar o desempenho de um sistema, e também permite testar novos conceitos antes de implantar tais conceitos, fazendo com que o sistema atual não seja alterado, mas sim simulado (de Oliveira Monteiro Russel, Uchoa Passos, Santos Menezes, & Nakayama Miura, 2019; Pereira, Montevechi, & MIRANDA, 2013; Rodrigues et al., 2019; Russel, Passos, Menezes, & Miura, 2020)

Maria (1997) defende que um dos propósitos de um modelo é permitir que o analista preveja o efeito de alterações no sistema. Deve ser uma boa aproximação da realidade e incorporar a maioria de suas características. Entretanto, não deve possuir uma complexidade que atrapalhe seu entendimento e possíveis experimentações. Um bom modelo contempla realismo e simplicidade conforme a Figura 1.

De acordo com Ragsdale (2009) e Banks *et al.* (2005) defende vantagens que a simulação pode trazer, sendo elas:

- Auxiliar na tomada de decisões;
- Testar propostas de mudança com um menor gasto de recursos;
- Permite acelerar e desacelerar o tempo variando a velocidade do tempo de simulação;
- Facilita o entendimento de alguns porquês que ocorrerem ao logo da simulação onde possibilita responder essas questões construindo diversas situações;
- Identificação de gargalos de produção que causam efeitos indesejados;
- Permite representações simplificadas da realidade partindo da problemática da decisão;
- Baixo custo financeiro e possibilita uma análise e otimização de prejuízos com sistemas mal elaborados;
- Fornece informações relevantes no tempo certo;
- Facilidade para representar algumas situações que podem parecer impossíveis de serem aplicadas na realidade.

FIGURA 1: Processos chave em um estudo de modelagem



Fonte: Adaptado de Robinson (2004)

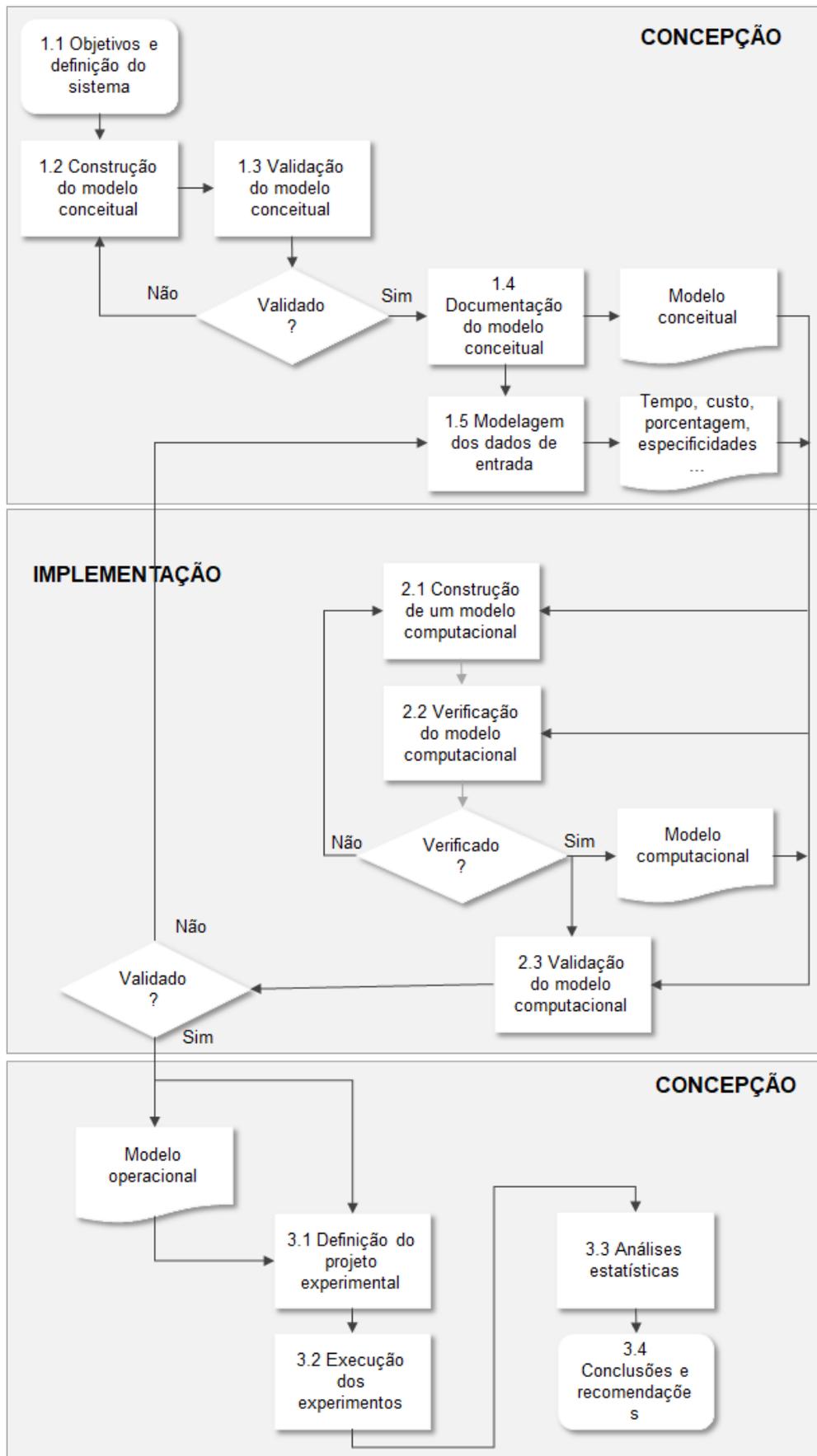
Dos Santos Silva *et al.* (2019) defendem a utilidade do uso da simulação para o auxílio nas tomadas de decisões, sendo elas: solução criativa de problemas; identificação das causas de problemas; prever e coletar resultados; considerar a variação de sistemas; promover soluções totais; ferramenta de simples entendimento.

Leal, Oliveira, Almeida e Montevechi (2008) dizem que, como suporte ao processo da simulação computacional faz-se necessário escolher alguma técnica de mapeamento onde auxilia na criação do modelo conceitual. Existem diversas dessas técnicas na qual deve-se escolher a que a melhor se adequa a necessidade do estudo, as principais técnicas para mapear processos são:

- Fluxograma;
- Mapafluxograma;
- Integrated Computer Aided Manufacturing Definition (IDEF);
- Unified Modeling Language (UML);
- Service Blueprint;
- Mapa do serviço.

A Figura 2 apresentada se baseia em Montevechi *et al.* (2010), a sequência de passos para atingir um projeto de simulação, utilizados nesta pesquisa.

FIGURA 2-Sequência de passos para um projeto de Simulação



FONTE: Adaptado de Montevechi *et al* (2010)

2.1.1 Etapas do modelo de simulação

Montevechi *et al.* (2010) propõe três fases para realizar um projeto de simulação, passando por 12 subfases respectivas, o Quadro 1 apresenta cada uma delas, assim como suas descrições.

QUADRO 1- Etapas do modelo de simulação

| Fases da Simulação | Descrição | Subfases | Descrição | Autor |
|--------------------|--|------------------------------------|---|---------------------------------|
| Concepção | A concepção consiste na definição dos objetivos do estudo, construção e validação do modelo conceitual, documentação deste modelo e modelagem dos dados de entrada. A fase de concepção é onde o programador irá criar o modelo conceitual do modelo. O programador deverá entender o sistema que será simulado e o objetivo do mesmo. Deverá, também, definir o escopo do modelo, suas hipóteses e os níveis de detalhamento, coletando todos os dados de entrada necessários, dados estes que serão coletados pelo responsável do processo. Concluída a etapa da concepção, o modelo deverá ser representado por alguma técnica de mapeamento a fim de torná-lo um modelo conceitual | Objetivo e definição do sistema | Caracterizar os objetivos do projeto. Deverá ser ressaltado e identificado o que é de suma importância e que os objetivos estejam bem definidos e detalhados para se obter um melhor resultado do modelo criado | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| | | Construção do modelo conceitual | Após a elaboração do modelo abstrato, mentalmente, pelo criador do modelo, deve-se colocar as ideias no papel por meio de uma técnica de representação de modelos de simulação conceitual, expressando tudo que se espera do modelo utilizando uma ferramenta, IDEF-SIM, que se adequa ao projeto. | Chwif e Medina (2006) |
| | | Validação do modelo conceitual | A validação do modelo conceitual pode ser definida como a determinação de que as teorias e suposições presentes no modelo conceitual estão corretas. A mesma na maioria das vezes é feita por meio da validação face a face, onde os gestores que entendem melhor sobre o processo simulado analisam o modelo e apresenta um parecer sendo ele favorável ou não | Sargent (2010) |
| | | Documentação do modelo conceitual | Após passar todas as ideias para o papel, os responsáveis pelo projeto deverão salvar e arquivar em um local seguro o documento. Um modelo mal documentado dificulta a compreensão por parte do cliente além de prejudicar a aplicação do mesmo | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| | | Modelagem dos dados de entrada | Na fase de concepção, os dados serão coletados e tratados estatisticamente a fim de já ir preparando os dados para serem lançados no sistema na próxima fase do modelo. Estes dados poderão estar relacionados a custo, tempo, capacidade. | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| Implementação | A implementação é constituída pela construção, verificação e validação do modelo computacional. O modelo desenvolvido na fase de concepção | Construção do modelo computacional | O primeiro passo para a construção do modelo computacional é a escolha do <i>software</i> que será utilizado. Após a escolha do <i>software</i> o modelo começará a ser criado, essa criação nada mais é do que a transformação do modelo conceitual para um modelo computadorizado | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |

Continuação do Quadro 1

| | | | | |
|---------|---|-------------------------------------|--|---------------------------------|
| | será transformado em um modelo computacional e deverá ser verificado junto com o modelo conceitual, a fim de avaliar se o sistema estará operando de acordo com o planejado. Durante a fase de implantação o modelo também deverá ser verificado e validado a fim de garantir a confiabilidade do modelo | Verificação do modelo computacional | A verificação do modelo computacional significa garantir que o programa criado e a implementação do modelo conceitual estejam corretos. Para a verificação do modelo, deverá verificar se o mesmo irá apresentar alguma inconsistência, ou algum erro que possa prejudicar ou atrapalhar a execução do modelo, se detectado algo irregular o mesmo deverá ser solucionado o mais rápido possível | Sargent (2010) |
| | | Validação do modelo computacional | A validação do modelo computacional é como se a determinação de que o comportamento do modelo simulado apresente precisão suficiente para representar o modelo real. | Sargent (2010) |
| Análise | O modelo proposto por Montevechi <i>et al.</i> (2010) a fase de análise emprega o modelo operacional e execução de experimentos, a análise dos resultados e as conclusões. Na fase de análise o modelo computacional estará pronto para ser utilizado e para receber diversos experimentos. O modelo será rodado diversas vezes a fim de coletar e registrar os principais resultados dados pelo programa. Com os resultados gerados, o programador poderá tirar conclusões e fazer recomendações sobre o sistema. Se o resultado da simulação não for satisfatório, o modelo poderá ser modificado, reiniciando todo o ciclo | Definição do projeto experimental | No desenvolvimento da fase de análise, o modelo já está pronto para receber diversos tipos de testes e experimentos a fim de avaliar o modelo criado. Diante do mesmo, devem-se definir os cenários que serão simulados e quais as alterações os mesmos irão sofrer para obtenção de resultados e conclusões | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| | | Execução dos experimentos | Após a definição dos cenários são simulados, baseados nos cenários escolhidos. Em meio a execução o modelo irá gerar informações e dados que serão estudados e analisados de acordo com a necessidade do cenário. | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| | | Análise estatística | Logo após a execução dos testes das fases anteriores, vários resultados serão demonstrados. Onde será possível tomar decisões a respeito de um determinado assunto, deve-se ressaltar que fazer uma boa análise dos dados é fundamental, pois essas análises permitirão melhores condições e maior segurança na hora da tomada de decisão. | Montevechi <i>et al.</i> (2010) |
| | | Conclusões e recomendações | Um projeto de simulação só está completo com a apresentação de um relatório técnico, capaz de sintetizar as principais conclusões do projeto de simulação, e mediante a apresentação da documentação completa do projeto | Chwif e Medina (2006) |

Fonte: Autores

2.2 Prestação de serviços

Para Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), o setor de serviços no Brasil está em grande crescimento, alguns fatores são de grande importância que são a demanda dos consumidores e compradores organizacionais aumentou e as novas tecnologias fizeram se tornar os serviços mais acessíveis. Tem sido um setor que vem ocupando uma posição de destaque na economia dos países.

Ainda para Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), um serviço consiste de um pacote de benefícios implícitos e explícitos, desenvolvido e executado dentro de instalações de suporte e utilizando-se de bens facilitadores. Estas grandes dimensões de um serviço são de grande importância para o projeto e o controle de um sistema de atendimento.

Vários pontos críticos podem ser observados e destacados no setor de serviços. Desafios gerenciais são de grande importância para obter um melhor aproveitamento desenvolvendo recursos frente a uma demanda de comportamento aleatório esses desafios são o gerenciamento da demanda e a capacidade nas operações de serviços (Mataczinski, n.d.; Neves & Lima, 2019; Sabbadini, Gonçalves, & de Oliveira, 2006).

2.2.1 Mercado de lavanderias

Mezzomo (1992) defende que em termos de estrutura (organizacional) de uma lavanderia, a mesma está distribuída entre recepção, área de separação das peças recebidas, espaço para as mesas de lavagem, secagem, acabamento, embalagem e expedição. É oportuno ressaltar, que os equipamentos e a mão de obra vão variar de acordo com a estrutura da determinada lavanderia para lavagem de peças (SEBRAE,2016).

Segundo a Agência Nacional das Empresas de Lavanderia – ANEL (2006), têm-se os seguintes tipos: Lavanderias domésticas; Industriais; Hoteleiras; Hospitalares; de Serviços Especiais e as Lavanderias comunitárias, e que de acordo com o conceito geral sobre lavanderia. São estabelecimentos que tratam de peças de vários tipos de tecidos, enchimentos no qual atende ao consumidor final, removendo a sujeira e as manchas dentro outros tipos de sujidades. A lavanderia tem como principal objetivo ser um espaço onde população e, principalmente, as mulheres da comunidade estabeleçam relações interpessoais, com o propósito de aglutinar valores, troca de experiências entre os usuários e proporcionar aos moradores um local (Jales, 2019; Silva & Xavier, 2020). Além de ser de certa forma um ambiente de trabalho, onde recebem informação sobre administração de núcleos, acesso a palestras sobre noções de saúde e higiene, e modernização de técnicas de lavagem e conservação das peças.

3 Métodos e procedimentos

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico a respeito dos trabalhos referentes à Simulação, IDEF-SIM e Lavanderia. E por meio desta pesquisa, consegue perceber o grau de importância da aplicação deste conceito na melhoria no processamento e qualidade em serviços.

Posteriormente, baseado nas fases de simulação de Montevechi *et al.* (2010), foi definido o caso a ser estudado e o levantamento dos problemas em torno do método atual de processo da empresa, demonstrando de maneira clara a razão para se desenvolver o modelo do estudo. A coleta de dados foi realizada pelo autor por meio de observação visual no local do estudo, onde as informações coletadas foram documentadas. Para mapeamento do processo, de forma a identificar os gargalos da produção, foi utilizada a ferramenta IDEF-SIM, com dados coletados na observação e entrevistas convencionais feita com uma amostra de colaboradores. Os procedimentos realizados na fase de concepção são apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 - Procedimentos na fase de concepção

| Fases da Simulação | Subfases | Ações |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| Concepção | Objetivo e definição do sistema | Nesta fase foi realizada a caracterização dos objetivos do projeto. Ressaltado e identificando as principais restrições do projeto. |
| | Construção do modelo conceitual | Nesta fase se definirá e construirá o modelo IDEF-SIM, por meio de cronometragem no processo. |
| | Validação do modelo conceitual | Na validação do modelo conceitual, será verificado se o mesmo estará representado de forma correta o sistema modelo. Esta validação do modelo conceitual será feita por meio da validação face a face, para melhor entendimento dos gestores |
| | Documentação do modelo conceitual | Após passar todas as ideias para o papel, os documentos gerados serão salvos em um local seguro |
| | Modelagem dos dados de entrada | Na fase de concepção, os dados serão coletados por meio de cronometragem e tratados estatisticamente a fim de já ir preparando os dados para serem lançados no sistema na próxima fase do modelo. |

Fonte: Autores

Em seguida foi realizado uma filtragem dos dados com o objetivo de se obter apenas os que é relevante para a condução do estudo, como os processos da lavanderia que apresentavam algum tipo de restrição. Para o levantamento do problema, este trabalho focou em reuniões com os envolvidos para listar os objetivos, dificuldades e atitudes a concretizar o projeto de simulação.

Após a obtenção dos dados e análise dos mesmos, foi dado início a fase de modelação, utilizando o *software ProModel® 2014 student version*, onde será feito, baseado no IDEF-SIM, a simulação real. Subsequente foi realizado uma nova simulação, com as propostas de mudanças e apresentação dos resultados esperados. O Quadro 3 apresenta as ações a serem realizadas na fase de implementação.

QUADRO 3 - Procedimentos na fase de implementação

| Fases da Simulação | Subfases | Ações |
|--------------------|-------------------------------------|---|
| Implementação | Construção do modelo computacional | Para pesquisa será utilizado o <i>software ProModel® 2014 student version</i> . Onde o modelo começará a ser criado, transformando o modelo conceitual em um modelo computadorizado. |
| | Verificação do modelo computacional | Para a verificação do modelo, deverá verificar se o mesmo irá apresentar alguma inconsistência, ou algum erro que possa prejudicar a execução do modelo, à verificação foi feita face a face onde se detectado algo irregular o mesmo deverá ser solucionado o mais rápido possível. |
| | Validação do modelo computacional | O modelo deverá estar preciso, senão, a simulação poderá apresentar erros, fazendo com que decisões erradas sejam tomadas por se basear em um modelo que não está totalmente seguro. Para a validação deste trabalho, a validação foi realizada pelo teste de afinidade de comparar estatisticamente as amostras. |

FONTE: Autores

Por fim, com o auxílio do *software Excel*, foram elaboradas planilhas, e de forma textual, para apresentação dos resultados obtidos com a simulação computacional apresentando os benefícios e melhorias do projeto proposto. Os demais procedimentos realizados na fase de análise são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 - Procedimentos na fase de análise

| Fases da Simulação | Subfases | Ações |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| Análise | Definição do projeto experimental | Definiu-se os cenários que serão simulados e quais as alterações os mesmos irão sofrer para obtenção de resultados e conclusões |
| | Execução dos experimentos | Após a apresentação face a face aos gestores da empresa e validado pelo mesmo, os cenários que foi simulado, realizou-se o experimento, cuja a execução dos novos cenários como proposta de melhoria. |
| | Análise estatística | Para esta pesquisa serão analisados os resultados relacionados a capacidade produtiva, e o ganho do mesmo, focando na melhoria do processo da linha de acabamento, para sanando o gargalo, utilizando o teste de F para as análises dos dados. |
| | Conclusões e recomendações | Todas as conclusões que serão tomadas com a análise dos dados deverão ser relatadas da forma mais clara possível, para que quem pegar esses relatórios mesmo não entendendo a real situação do modelo, entenda o que o relatório está dizendo |

FONTE: Autores

4 Resultados e discussões

Neste capítulo é desenvolvido todo o modelo de modelagem e simulação proposto por Montevechi *et al.* (2010) descrito no capítulo 3. Primeiramente será feita uma rápida apresentação da empresa, descrevendo a empresa e o motivo de sua escolha; logo após, será descrito cada fase do modelo proposto, descrevendo por etapas todo o método de modelagem e simulação.

4.1 A empresa

A empresa estudada foi fundada em 1984 na cidade de Passos-MG, onde iniciou suas atividades com o ramo de tingimento industrial em roupas usadas e beneficiamento de jeans. O sucesso e desenvolvimento da empresa fizeram com que novos serviços fossem agregados, que deram bons resultados, levando a empresa a expandir mais uma vez, e por meio de um sistema moderno e eficiente passou a lavar e higienizar com antiácido e bactericidas bichos de pelúcia, edredons e todos os tipos de tapetes, nacionais e importados sendo cada segmento em um departamento distinto assim como departamento de lavagem e higienização de edredom composto por (cinco funcionários), departamento de lavagem e higienização de pelúcia, couro e tênis composto por (2 funcionários), departamento de tingimento e beneficiamento de jeans composto por (6 funcionários), departamento de lavagem e higienização de tapete e restauração e conserto composto por (20 funcionários) e também o departamento administrativo, fiscal sendo composto por (10 funcionários). Devido todo este crescimento a empresa como consequência levou o título de empresa que mais lava tapetes no Brasil, e com isso impulsionou novos investimentos no setor para oferecer ao cliente também os serviços de conserto e restauração dos tapetes.

A empresa conquistou espaço no mercado brasileiro por meio de suas mais de 230 franquias espalhadas pelo país, conquistando o 17º lugar no ranking das empresas franqueadoras. Experiência que possibilitou a empresa a formatação de um novo conceito que hoje é comercializado pela empresa como “sistema de parcerias”, em 03 opções diferentes para terceirização dos serviços de forma mais fácil e acessível. A empresa prestadora de serviços possui atualmente um quadro de 60 funcionários atuando na área produtiva, uma empresa de médio a grande porte que consegue atender uma grande demanda semanal e elencado com a logística, conseguindo entregar a mercadoria em menos de 3 dias. A empresa possui também

uma grande estação de tratamento com a capacidade de 600 mil litros de água por dia, carregando também a responsabilidade com o meio ambiente.

4.2 Desenvolvimento do modelo

4.2.1 Fases de concepção

Esta fase apresenta o início do desenvolvimento do projeto. As fases de execução foram classificadas da seguinte forma:

(1) **Objetivos e definição do sistema:** Conforme abordado no tópico 1.1.1, o presente trabalho tem por objetivo modelar um sistema que represente as características dos processos visando uma proposta de melhoria criando um novo modelo computacional após as melhorias implantadas. No setor de acabamento atualmente a produção vivencia um atraso de finalização dos tapetes, impossibilitando a entrega no prazo estabelecido, tendo as mesas de acabamento como possíveis restrições no processo.

A empresa busca responder algumas questões com a aplicação da simulação como:

- Atualmente qual é o tempo médio de processo nas mesas de acabamento e qual seria sua capacidade de demanda?
- Qual processo é o gargalo do setor?
- Como melhorar a produtividade do processo?

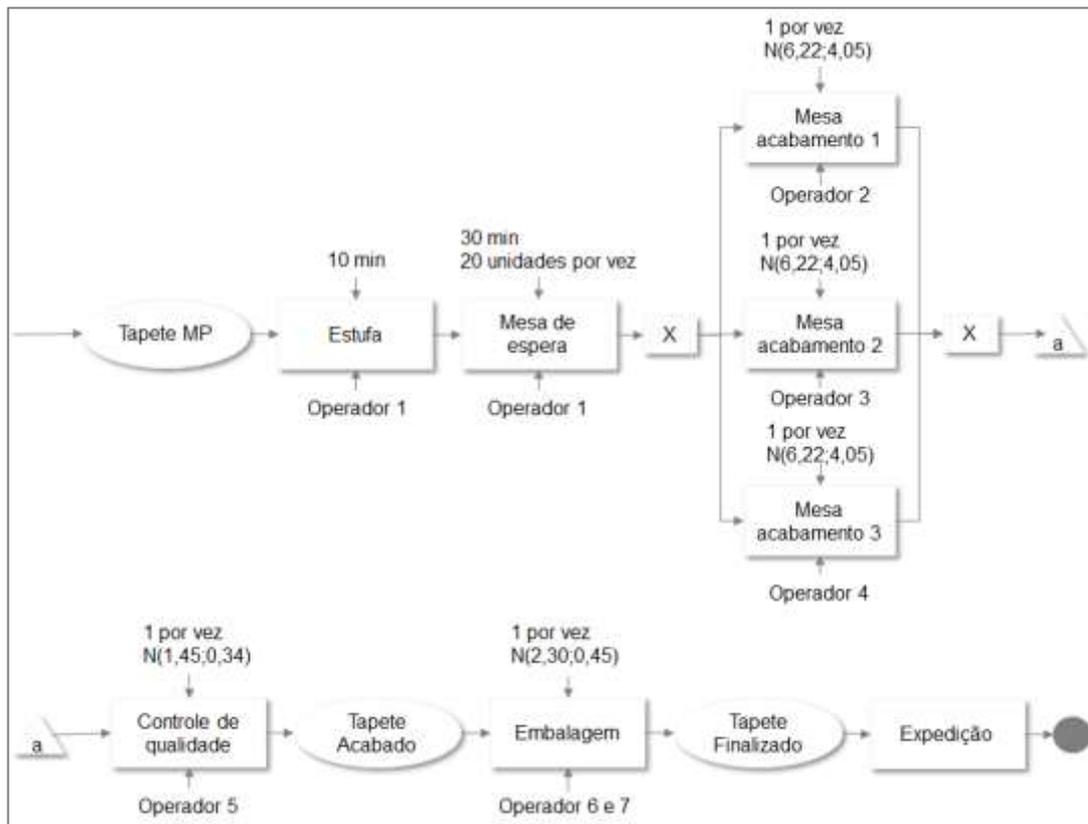
Com a aplicação da modelagem e simulação, essas outras perguntas serão esclarecidas, fazendo com que assim o objetivo desta presente pesquisa seja alcançado. Inserindo os dados e as variáveis de forma correta no *software* ProModel®, outras variáveis relacionadas ao processo serão encontradas, reforçando ainda mais a importância da modelagem e simulação para as empresas.

(2) **Construção do modelo conceitual:** nesta fase, foi analisado cada processo dentro do setor de acabamento e entender como os funciona. tais análises foram de grande importância ao longo desta pesquisa onde as informações foram utilizadas na elaboração do IDEF-SIM que foi a técnica utilizada para o mapeamento onde auxiliou na fase de implementação deste estudo.

Em síntese, os processos no setor de acabamento funcionam da seguinte forma: Os tapetes saem da estufa através de carrinhos manuseados por um operário que compõe a mesa de acabamento, o mesmo os coloca em uma mesa grande de espera. As mesas são composta por três operários, sendo as mesas distintas umas das outras, e assim cada um dos operários pega um tapete aleatório para ser feito o processo de acabamento, sendo realizado a tarefa, os tapetes são enrolados e passado para a tarefa seguinte, onde cada operário terminando sua função, ele mesmo leva seu tapete para a tarefa seguinte, e pegando um novo tapete para ser realizado o processo. A tarefa seguinte foi realizado o controle de qualidade realizado por um outro operário, onde é desenrolado o tapete, analisado se está em conformidade e sendo o mesmo enrolado novamente e passado para a embalagem, neste processo de embalagem é feito por dois operários a cada tapete por vez após embalado o tapete segue para a expedição.

Todo processo do setor de acabamento que representa o modelo conceitual do projeto foi criado pela técnica de mapeamento do IDEF-SIM, conforme ilustra a Figura 3.

FIGURA 3 – IDEF-SIM do modelo conceitual do processo setor de acabamento



FONTE: Autores

(3) Validação do modelo conceitual: Realizando a criação do modelo conceitual o mesmo teve que ser validado e o método utilizado foi a validação face a face. Segundo Chwif e Medina (2006), a validação face a face consiste em uma discussão com especialistas sobre determinado assunto, com o intuito de conseguir uma autorização para o uso do modelo criado e pode ser aplicado tanto no modelo conceitual quanto no modelo computacional.

Os autores da pesquisa apresentaram aos diretores e gestores da empresa um esboço (conforme apresentado na Figura 5) de todo o sistema montado. Após um brainstorming o responsável pelo projeto explicou detalhadamente todo o processo e o projeto. Após a explicação do modelo ambos concordaram com o modelo descrito e o aprovaram.

(4) Documentação do modelo conceitual: realizada a fase de validação do modelo conceitual pelos diretores e gestores da empresa, o mesmo foi documentado. a documentação foi feita por meio de uma cópia física do arquivo e também por meio virtual. a cópia física do modelo pode ser encontrada nos arquivos do escritório da empresa que fica dentro da diretoria, já virtualmente, pode ser encontrado nos computadores dos diretores e gestores, que logo após receber o modelo via *e-mail* salvou o modelo em uma pasta na área de trabalho para que fique de fácil acesso. o modelo também está documentado neste trabalho. o documento arquivado poderá ser solicitado por qualquer pessoa que esteja interessado em entender o processo no setor de acabamento da empresa prestadora de serviços.

(5) Modelagem dos dados de entrada: nesta última etapa da fase de concepção, os dados que foram coletados na construção do modelo conceitual (4.2.1.2), foram tratados estatisticamente já preparando os mesmos para serem lançados no sistema na próxima fase do modelo. os dados coletados referente ao tempo de tarefa de cada processo no setor de acabamento foram pontuados e coletados durante horário de produção no mês de julho de 2019,

sendo os dias de funcionamento de produção é personalizado de modo a atender a logística, sendo os dias produtivos de terça a sexta no período de 12 horas com parada para almoço de 1 hora, totalizando 176 horas trabalhadas ao mês.

A coleta de dados foi feita de forma sucinta, onde foi criada uma planilha no *Excel*, informando a data da coleta, cronometrando o tempo em minutos de espera de cada tapete, o tempo em minutos de processo de acabamento, o tempo em minutos de processo de controle de qualidade e embalagem, considerando também o desvio padrão de cada um dos processos no setor, os autores realizaram a coleta 14 vezes.

4.2.2 Fase de implementação

Para a fase de implementação foram executadas as seguintes ações:

(1) Construção do modelo computacional: Após a finalização de todas as etapas da fase de concepção, transferido para a fase de implementação onde a primeira etapa foi à construção do modelo computacional que foi embasada no IDEF-SIM (Figura 5), e que conforme já citado anteriormente, para a construção do modelo foi utilizado o *software* ProModel®. Por ser uma versão *student* e gratuita o *software* apresenta se algumas limitações no número de locais, entidades, recursos dentre outros e por isso foi preciso fazer algumas simplificações no sistema real para o computacional, desde não atrapalhar o funcionamento e sem prejudicar os resultados obtidos.

As etapas para a elaboração e execução do modelo computacional foram descritas abaixo:

a) Criação de Locais: Os locais do modelo: Estufa; Mesa de Espera; Mesas de acabamento; Controle de qualidade; Embalagem e Expedição, foram criados a partir de figuras já existentes no simulador. Os operadores foram alocados em cada posto de trabalho, de acordo com suas funções;

b) Criação das Entidades: A partir do modelo conceitual foram criadas as entradas para o modelo, onde para esta pesquisa foi utilizada apenas o tapete como entidade.

c) Criação das Chegadas: O modelo apresentou as chegadas de matéria prima do tapete (Tapete MP), Tapete acabado e Tapete finalizado;

d) Criação de Variáveis: A criação das variáveis seria, por exemplo, a inserção de algum contador para facilitar na interpretação e análise do modelo. Por se tratar de um modelo automático, o mesmo não precisa da criação destas variáveis;

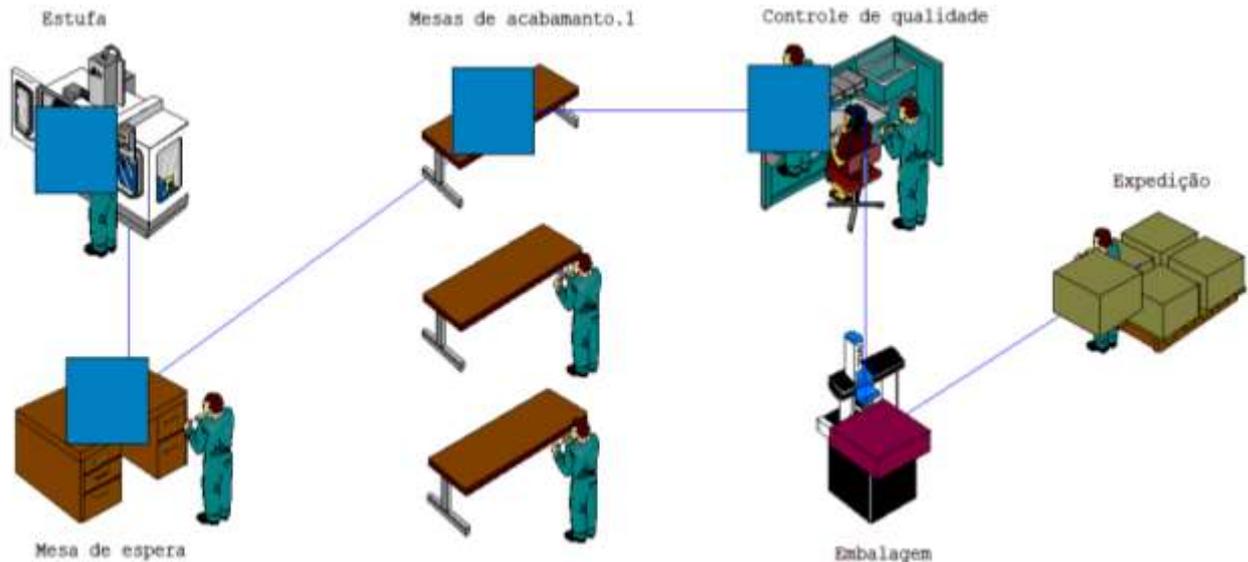
e) Criação da Rede de Caminho e dos Recursos: A partir do modelo conceitual foi criado uma rede de caminhos seguindo a ordem do processo de acabamento, que é iniciado pela mesa de espera, seguindo pelas mesas, passando pela mesa de controle de qualidade, embalagem e seguindo para a expedição. Os recursos utilizados são dos operários de cada tarefa;

f) Criação dos Processos: Nesta etapa, todos os tempos coletados e tratados, seus destinos, tempos de operações, lógicas de movimentos, regras foram definidas e inseridas no modelo sendo eles a retirada dos tapetes da estufa para a mesa de espera, passando para as mesas de acabamento, seguindo para a mesa de controle de qualidade, no qual se a peça estiver em conformidade o mesmo segue para a embalagem e expedição Nesta etapa o modelo já estava pronto para ser rodado e analisando, faltava apenas a criação do tempo de simulação que o modelo iria funcionar;

g) Criação do Tempo de Simulação: O tempo de simulação foi estabelecido em 176 horas mensais que é a média de horas do funcionamento do setor de acabamento.

A Figura 4 apresenta como ficou o modelo computacional atual criado pelo *software* ProModel®.

FIGURA 4 – Modelo computacional atual criado pelo *software* ProModel®



Fonte: Autores

(2) Verificação do modelo computacional: para a verificação, foi feita a apresentação e execução do modelo para os diretores da empresa utilizando o *software* promodel®, onde o mesmo foi aprovado, pois estava funcionando conforme o esperado. Essa aprovação se deu após os gestores e diretores da empresa compararem o modelo conceitual e o modelo computacional. O próprio *software* promodel® também auxiliou na verificação do modelo computacional, pois se algum dado de entrada, ou algum outro dado fosse lançado de forma errada, o sistema acusaria um erro na hora de simular o modelo, portanto, conclui-se que o modelo foi criado de forma correta.

(3) Validação do modelo computacional: segundo os autores Pereira, Montevechi e Miranda (2013), para que o modelo computacional possa ser validado, o mesmo deverá apresentar garantias de que está representando uma maior aproximação do que realmente acontece na empresa. O modelo deve estar preciso, pois, se algo estiver errado, decisões indevidas poderão ser tomadas sendo todas essas decisões baseadas no modelo computacional criado.

Como os dados para a criação do modelo computacional foram coletados somente no mês de Julho de 2019, para tal validação deste modelo, o mesmo será simulado 14 vezes, correspondendo um período de 30 dias de produção a fim de verificar se o total de saída de tapetes acabados corresponde com a quantidade que foi coletada durante este estudo.

O modelo foi simulado por um período de 176 horas (média do horário produtivo mensal da empresa), representando uma produção mensal, a fim de validar o modelo. Logo após a execução das 14 rodadas, podendo observar que embora o número de unidades de tapetes finalizados não fosse exatamente idêntico os números foram bem próximos do real. Tais variações podem ser justificadas pelo fato de que foi utilizado a médias e os desvios padrões, conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - Comparação do modelo real com o simulado

| Produção | Real | Simulado |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| Prod.1 | 281 | 289 |
| Prod.2 | 280 | 288 |
| Prod.3 | 282 | 290 |
| Prod.4 | 285 | 289 |
| Prod.5 | 279 | 287 |
| Prod.6 | 278 | 284 |
| Prod.7 | 284 | 286 |
| Prod.8 | 286 | 289 |
| Prod.9 | 277 | 295 |
| Prod.10 | 283 | 292 |
| Prod.11 | 276 | 288 |
| Prod.12 | 280 | 286 |
| Prod.13 | 283 | 282 |
| Prod.14 | 281 | 283 |
| Total | 3935 | 4028 |
| Média | 281,0714286 | 287,7142857 |

Fonte: Autores

Todas as variações da simulação em relação aos dados reais com o simulado podem ser consideradas relativamente baixos levando em consideração o modelo como um todo, o que faz com que o modelo seja validado, ainda justificando a validação as variações. Segundo Montgomery (2000), antes de iniciar um experimento, é necessário realizar testes, onde os mesmos fornecem informação sobre a consistência dos experimentos, das medições e dos erros.

Os resultados do teste F são geralmente apresentados em um quadro ou tabela, conforme a Tabela 2. Os resultados representam a análise do experimento da simulação com dois fatores, cada um deles com dois níveis. As colunas incluem as médias das variáveis, a variância, observações, o grau de liberdade (GL é a propriedade pela qualquer das (n-1) observações de uma amostra completamente determinam a outra observação). A Tabela 1 representa as médias das variáveis do modelo real e do modelo real simulado, conseguindo identificar que as variáveis são estatisticamente iguais.

É importante ressaltar que o quadro do teste de F é facilmente construído com softwares estatísticos como por exemplo o Excel, no mesmo consegue identificar conforme a Tabela 2.

TABELA 2 - Tabela Teste de F

| Teste-F: duas amostras para variâncias | | |
|---|--------------------|-------------------|
| | <i>Variável 1</i> | <i>Variável 2</i> |
| Média | 281,0714286 | 287,7143 |
| Variância | 8,840659341 | 12,06593 |
| Observações | 14 | 14 |
| GL | 13 | 13 |
| F | 0,732695811 | |
| P(F<=f) uni-caudal | 0,291517259 | |
| F crítico uni-caudal | 0,388059098 | |

Fonte: do autor

Segundo Montgomery (2000), o valor de p é definido como a probabilidade estatística maior ou igual ao encontrado, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05, o que significa que o valor de p sendo maior que 0,05 eles são estatisticamente iguais. Além disso, o modelo foi apresentado para os gestores e diretores da empresa, onde os mesmos analisaram e concluiu que o modelo estava representando a realidade atual da empresa, e que o total de tapetes finalizados reais com o total de tapetes finalizados simulados foram muito próximos sendo assim aprovando a animação e validando o modelo.

4.2.3 Fase de análise

Por fim a fase final do projeto apresenta os passos de análise do modelo:

(1) Definição do projeto experimental: nesta última etapa do modelo, os cenários com as alterações sofridas pelo modelo começaram a ser definidos e posteriormente serão executados para obtenção de dados para futuras discussões e possíveis implantações de melhorias no modelo. além do cenário atual da empresa prestadora de serviços atuante no ramo de lavanderia serão criados outro cenário com algumas mudanças a fim de verificar qual seria o melhor cenário a ser seguido pela empresa melhorando assim a sua capacidade produtiva e fazendo com que os objetivos deste trabalho sejam alcançados.

Como a empresa gostaria de saber se a aquisição de novos colaboradores poderia resolver o problema relacionado ao atraso de finalização dos tapetes, a primeira coisa que foi feita foi analisar todos os processos do setor de acabamento, a fim de verificar se algum colaborador de determinada função estava com algum tempo ocioso, se constatada ociosidade, o mesmo será remanejado, sendo assim desnecessária a contratação de novos colaboradores, evitando recursos. Ainda destacando que a proposta de melhoria com o remanejamento de mesas não sofreria nenhum impacto financeiro.

O segundo cenário foi simulado para a realocação de mesa, sendo a mesa de controle de qualidade se tornaria uma mesa a mais de acabamento, e a tarefa de controle de qualidade posteriormente passaria a ser feita nas próprias mesas de acabamento. Por aumentar uma mesa a mais no processo de acabamento e melhorando o gargalo que tem as mesas de acabamento como possíveis restrições, o modelo proposto foi executado na próxima fase do modelo para análise com o intuito de que seria o modelo correto para a melhoria do processo.

(2) Execução dos experimentos: neste tópico será detalhado de forma foi realizada as alterações do modelo principal para a construção do novo cenário como foi definido no tópico anterior.

Cenário 1: Após simular o modelo real, foi constatado que o setor no setor de acabamento, as mesas de acabamento é o gargalo do setor. Tal constatação foi observada a partir da Figura 5 que representa ilustradamente a capacidade produtiva de cada operário.

Por meio da Figura 6, também pode ser observado que o setor de controle de qualidade apresenta um índice de capacidade ociosa e que as mesas de acabamento acaba sendo o gargalo do setor. Deve se ressaltar que o modelo simulado está levando em consideração somente o setor de acabamento da empresa.

FIGURA 5 - Capacidade de cada operador (Cenário atual)



Fonte Autores

FIGURA 6 - Capacidade de cada processo (Cenário atual)

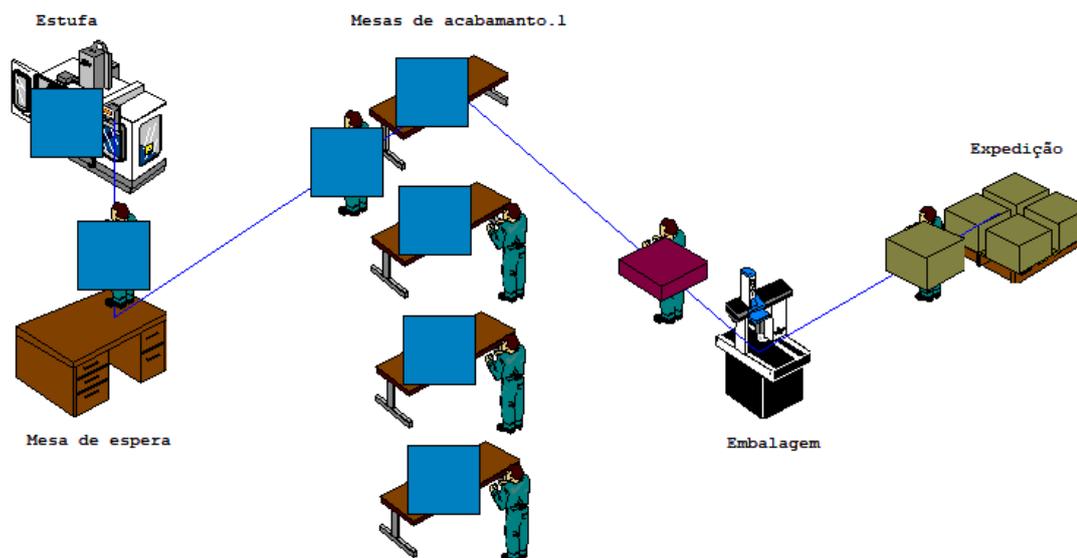


Fonte Autores

Com esses dados, percebe-se que a tarefa das mesas de acabamento se torna um gargalo produtivo, e que o controle de qualidade fica parte do tempo do processo ocioso, sugere-se apenas um remanejamento e que alocado em outra função no setor de acabamento consegue melhorar a capacidade de demanda e ocupando o tempo ocioso dentro do processo. Justificando o remanejamento do operador, o número de tapetes repassados pelo controle de qualidade é muito alto para somente um operador desenvolver a função, e com isso alguma não conformidade pode ser passado por despercebido, afetando a qualidade final do serviço prestado.

Cenário 2: O segundo cenário foi desenvolvido de maneira bem semelhante ao atual, porém propondo melhorias para o processo, almejando alcançar o objetivo da pesquisa, sendo assim a mesa de controle de qualidade que tem uma capacidade produtiva ociosa, se realocou acrescentando mais uma mesa de acabamento, e o controle de qualidade passaria a ser realizado nas mesas de acabamento, o controle de qualidade foi dividido entre os operários, onde não sobrecarregará nenhum operador, visando maior qualidade no processo. Conforme ilustra a Figura 7.

FIGURA 7- Cenário de proposta de melhoria (remanejamento de mesas e função)



Fonte: Autores

Diante o segundo cenário foi constatado que houve uma melhoria capacidade de processo e também de tempo ocioso, os dados da situação real da empresa se resulta em uma média mensal de 281,07 unidades de tapetes finalizados e na proposta de melhoria consegue-se uma atingir uma capacidade de 340,14 unidades de tapetes finalizados, conforme exemplifica a Figura 8.

FIGURA 8 - Resultados comparativos da situação real com a de proposta de melhoria simulada

| Nº de produção | Cenário atual | Proposta de cenário simulado |
|---------------------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | 281 | 340 |
| 2 | 280 | 343 |
| 3 | 282 | 340 |
| 4 | 285 | 337 |
| 5 | 279 | 342 |
| 6 | 278 | 340 |
| 7 | 284 | 337 |
| 8 | 286 | 343 |
| 9 | 277 | 340 |
| 10 | 283 | 340 |
| 11 | 276 | 341 |
| 12 | 280 | 342 |
| 13 | 283 | 337 |
| 14 | 281 | 340 |
| Unidades | 3935 | 4762 |
| Média das unidades | 281,0714286 | 340,1428571 |

Fonte: Autores

(3) Análise estatísticas: logo após a execução do modelo real da empresa e da criação e execução do novo cenário, foram obtidos dados na simulação que no qual foram analisados a fim de se chegar ao melhor modelo para a empresa. Para análise foi desenvolvida uma tabela que representassem em unidades de tapetes finalizados por produção, do modelo real simulado em comparação com a simulação do modelo dado como proposta de melhoria, conforme a Tabela 3.

Com a simulação do cenário real, observa-se que a empresa tem condições de aumentar sua capacidade produtiva de acabamento. Com os dados coletados o setor consegue finalizar mensal três mil novecentos e trinta e cinco peças, e no modelo real simulado mostra que o setor de acabamento consegue terminar quatro mil e vinte oito peças de tapetes. Em comparação com o cenário proposto, a simulação mostra um aumento de 15,41% sua capacidade, usando apenas um remanejamento de operadores e função. Justificando estatisticamente em relação á médias das duas variáveis simuladas, o teste de F conclui se de que quando o $P(F \leq f)$ uni-caudal for maior que 0,05 as médias são estatisticamente iguais, e neste caso o valor de P é maior que 0,05 portanto as amostras são diferentes.

TABELA 3 -Comparação entre o cenário atual simulado e o novo cenário

| Nº de produção | Simulado Real | Simulado Proposta |
|---------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 289 | 340 |
| 2 | 288 | 343 |
| 3 | 290 | 340 |
| 4 | 289 | 337 |
| 5 | 287 | 342 |
| 6 | 284 | 340 |
| 7 | 286 | 337 |
| 8 | 289 | 343 |
| 9 | 295 | 340 |
| 10 | 292 | 340 |
| 11 | 288 | 341 |
| 12 | 286 | 342 |
| 13 | 282 | 337 |
| 14 | 283 | 340 |
| Unidades | 4028 | 4762 |
| Média das unidades | 287,7142857 | 340,1428571 |

Fonte: do autor

TABELA 4-Tabela teste de T (Proposta de melhoria)

Teste-t: duas amostras em par para médias

| | 289 | 340 |
|--------------------------------|--------------|-------------|
| Média | 287,6153846 | 340,1538462 |
| Variância | 12,92307692 | 4,474358974 |
| Observações | 13 | 13 |
| Correlação de Pearson | 0,20569174 | |
| Hipótese da diferença de média | 0 | |
| gl | 12 | |
| Stat t | -50,14743761 | |
| P(T<=t) uni-caudal | 1,29678E-15 | |
| t crítico uni-caudal | 1,782287556 | |
| P(T<=t) bi-caudal | 2,59356E-15 | |
| t crítico bi-caudal | 2,17881283 | |

Fonte: Autores

(4) Conclusões e recomendações: após análise estatística, algumas conclusões puderam ser tomadas tais como todos os dois cenários, demonstraram que a empresa possui uma capacidade de aumentar sua demanda de finalização de tapetes. em relação ao primeiro cenário, pode ser observado um remanejamento de um operador que tinha uma capacidade

ociosa, e com uma nova alocação para o setor de gargalo e não iria alterar a funcionalidade da empresa.

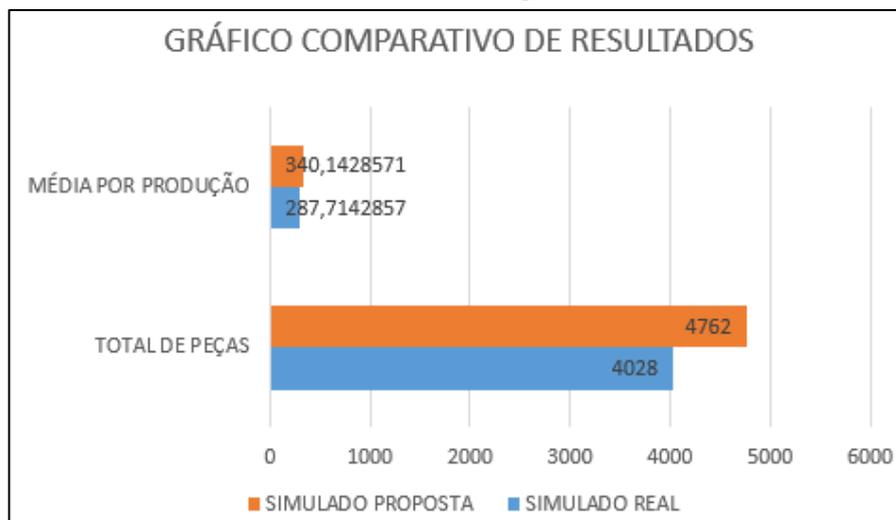
No segundo cenário pode-se observar que embora teve um aumento de produtividade melhorando o gargalo o modelo real apresentava uma capacidade ociosa do operador do controle de qualidade, e no novo cenário com a realocação de operário e função preencheu seu tempo com tarefas benéficas no processo. Deve-se destacar que, com este remanejamento a empresa não sofreria nenhum impacto financeiro, optando por recursos e contratação, onde segundo informações dos gestores os salários dos mesmos são compatíveis. A única diferença entre o controle de qualidade, seria feito nas mesas de acabamento.

Em comparação com a teoria e a prática de desenvolvimento, pode ser observado que as vantagens da modelagem e simulação que os autores Ragsdale (2011) e Banks *et al.* (2005) são compatíveis ficando em evidência que as simulações permitem e apresentam representações do real estado da empresa, partindo de uma problemática de uma decisão a ser tomada e que também consegue possibilitar melhor análise e otimização de prejuízo. Os mesmos autores ainda afirmam que a simulação auxilia nas melhores tomadas de decisão diante do cenário modelado, e também ajuda a identificar a existência de gargalos produtivos.

Diante a comparação em contrapartida as desvantagens da modelagem e simulação que foram apresentadas por Torres (2001), podendo também ser verdadeiras e comprovadas quando o autor ressalta que. Construir um modelo computacional necessita de uma certa experiência e tempo além de requerer um treinamento e que as análises podem levar mais tempo que outras soluções.

Deve-se salientar que o modelo simulado está levando em consideração somente à parte das mesas de acabamento e controle de qualidade. Quando comparado a Figura 8 (capacidade produtiva do processo de acabamento), fica comprovado que o modelo conseguiu atender e propor cenário de melhoria para o processo, mensurar o tempo de processo através da realização da cronometragem, e o mapeamento de processo real através da técnica do IDEF-SIM, concretizando o objetivo da pesquisa, onde antes conseguia-se terminar em média de 287,7 tapetes por produção, e com a novo cenário como proposta de melhoria conseguiu alcançar a média de 340 tapetes por produção, melhorando o gargalo e como consequência aumentando a capacidade de demanda e também melhorando a ociosidade do operador com função produtiva no processo conforme ilustra a Figura 9.

FIGURA 9- Gráfico comparativo de resultados



Fonte: do autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve por objetivo modelar e simular um sistema que representasse as principais características no processo de acabamento no setor de lavagem e higienização de tapetes, dentro de uma empresa prestadora de serviços, tendo como seu principal objetivo o estudo de análise da capacidade produtiva avaliando sua capacidade de demanda e melhorando o gargalo do processo que o setor possui. Foi realizada análise de cenário atual da empresa pesquisada, para que um novo cenário pudesse ser criado com melhorias que auxiliaram na obtenção dos resultados desta pesquisa. Para as análises e proposta de melhoria, foi utilizado a modelagem e simulação para a criação de um novo cenário, com o intuito de entender sua capacidade produtiva e melhorar o seu gargalo.

Durante a elaboração do mesmo, foi pesquisado em literaturas relevantes e atualizadas, os conceitos, ferramentas, metodologias e técnicas deu base na pesquisa. O processo de acabamento da empresa foi mapeado com o auxílio da ferramenta IDEF-SIM, pertencente à família dos IDEF.

Sendo assim ainda seguindo os passos do Quadro 1, foi criado um modelo conceitual para o processo de acabamento, que após ser validado foi transformado em um modelo computacional onde foi constatado que o modelo computacional estava representando o modelo conceitual, fazendo com que assim o modelo computacional fosse verificado e validado. Para a criação do modelo conceitual foi utilizado a técnica de mapeamento de processos do IDEF-SIM e para a criação do modelo computacional foi utilizada o *software* ProModel® 2014 *Student version*.

Logo após a criação do modelo conceitual e computacional os mesmos foram analisados a fim de se obter o tempo de processo do setor de acabamento. Feitas estas análises foi possível identificar que nas mesas de acabamento ficavam cheias e a tarefa seguinte onde é feito o controle de qualidade ficava com bastante tempo sobrecarregando as mesas e tornando o setor de gargalo do processo.

Identificado o funcionário ocioso e o setor de maior gargalo, outros cenários foi criado e analisado. Com os dados encontrados foi possível ver qual seria a melhor forma de resolver o problema encontrados pela empresa. Como conclusão a respeito do cenário criado, ficou claro que a melhor opção para a empresa seria a implantação do segundo cenário criado, que remaneja o funcionário que está ocioso em seu setor (controle de qualidade) para mais uma mesa de acabamento e realizando na mesma a função de controle de qualidade, fazendo com que assim a capacidade da demanda de acabamentos de tapetes fosse aumentada e sem precisar que a empresa contratasse mais um operador. Com isto a sua capacidade conseguiu aumentar em 15,41% sua produtividade, embora este aumento possa parecer pequeno mais quando analisado em um contexto geral pode se perceber um crescimento grande para o setor e para a empresa.

O alcance dos objetivos desta pesquisa evidencia a importância de utilizar a modelagem e simulação nas empresas, antes das tomadas de decisões. Essas decisões tomadas a partir da simulação podem ajudar muito uma empresa, como também pode prejudicar a mesma, se qualquer conclusão errada, ou algum modelo criado não for correspondente a realidade no modelo real e atual da empresa.

O objetivo visado para esta pesquisa, foi simular um sistema que representasse a realidade de um processo da empresa, buscando melhorar a capacidade produtiva, e analisar os gargalos do processo de acabamento. Por meio do mapeamento de processo IDEF-SIM auxiliou para realizar a modelagem e simulação do processo, as cronometragens e considerações dos desvios padrões também contribuiu para o mapeamento e modelagem do processo e para a mensuração de tempo de processo de acabamento. Com a criação do modelo real da empresa foi possível identificar o gargalo do processo de acabamento, que se tem as mesas do mesmo

como possíveis gargalos onde diante dessas análises, foi definido e proposto um outro sistema que conseguisse melhorar a capacidade produtiva buscando alcançar o objetivo desta pesquisa.

As dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da pesquisa estão relacionadas a coleta de dados. Para ser cronometrados fielmente cada mesa precisou de um esforço do pesquisador em lidar com a resistências de operadores dentro do setor e o tempo dedicado de processo. Em segundo, ainda sendo um modelo pequeno de se programar um sistema que representasse e atendesse todas as necessidades do processo, não foi uma tarefa fácil. Foi necessário ler e assistir vários manuais de instruções, e recorrer aos colegas de classe e ao orientador do mesmo que possui mestrado voltado para modelagem e simulação.

Porém em contrapartida gestores e diretores da empresa se mostraram empenhados e empolgados pela pesquisa. Todo detalhe que as vezes o pesquisador buscava mostrar aos mesmos eles sempre se prontificaram a ajudar.

Como contribuição científica e como já exposto na justificativa deste trabalho exposto no (tópico 1.2), esta pesquisa poderá contribuir para outros estudos relacionados ao tema, e elencando ao ramo de serviços de lavanderia que merecem ser estudados de forma mais abrangente e com maior frequência.

Finalizando, como sugestões para trabalhos futuros têm-se: Modelar e simular em outro *software* (*software Arena* ou *FlexSim* por exemplo) todo o modelo descrito nesta pesquisa a fim de verificar se em outro simulador, as análises e os resultados serão os mesmos encontrados pelo ProModel® verificando assim, se o ProModel® seria o melhor simulador a ser utilizado.

REFERÊNCIAS

ANEL – Agência Nacional das Empresas de Lavanderia. **Como abrir uma lavanderia.** Disponível em: <<https://anel.com.br/>>. Acesso em: 20/10/2019.

Astin, H. S., & Davis, D. E. (2019). Research productivity across the life and career cycles: Facilitators and barriers for women. In *Scholarly writing and publishing* (pp. 147–160). Routledge.

Banks, S., Catcheside, P., Lack, L. C., Grunstein, R. R., & McEvoy, R. D. (2005). The Maintenance of Wakefulness Test and driving simulator performance. *Sleep*, 28(11), 1381–1385.

Bossel, H. (2013). *Modeling and simulation*. Springer-Verlag.

Chwif, L., & Medina, A. C. (2006). *Modelagem e simulação de eventos discretos*. Afonso C. Medina.

Contador, J. L. (2019). Comunicado sobre software para formulação da estratégia competitiva de empresas pelo modelo de campos e armas da competição. *REVISTA DE TECNOLOGIA APLICADA*, 8(1).

de Oliveira Monteiro Russel, R., Uchoa Passos, F., Santos Menezes, B. L., & Nakayama Miura, M. (2019). Modelagem e simulação computacional para o balanceamento de linhas de montagem de computadores. *Revista de Tecnologia Aplicada*, 8(2).

dos Santos, A. A., Fagundes, C. H., Junior, J. da S. F., Rodrigues, T. V., Sanjulião, L.-R. K. A. F., de Paula Borges, V. J., & Reis, F. M. D. (2019). Modelagem e simulação do processo de atendimento cardiológico em um posto de saúde visando menor tempo de espera do paciente/Modeling and simulation of the process of cardiac care in a health center aiming at shorter patient waiting time. *Brazilian Journal of Business*, 1(2), 719–734.

dos Santos Filho, V. H., de Oliveira Silva, L., & Ferreira, J. da S. J. (2019). Simulation of discrete events in a Brazilian real estate services company in Southwest of Minas Gerais/Simulacao a eventos discretos em uma empresa Brasileira prestadora de services imobiliarios no Sudoeste Mineiro. *Revista Exacta*, 17(2), 29–46.

Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2014). *Administração de Serviços-: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação*. Amgh Editora.

Hiller, A. P., do Nascimento, I. B., Fleig, R., & Keine, S. (2019). 07) Mapeamento do Fluxo de Valor: Estudo de Caso no Processo Produtivo de Escova Dental. *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia/ RBGE/ ISSN 2237-1664*, (19), 99–124.

Hillier, F. S., Hillier, M. S., & Lieberman, G. J. (2006). *Métodos cuantitativos para administración: un enfoque de modelos y casos de estudio, con hoja de cálculo*. McGraw-Hill. México. NX.

Jales, M. G. (2019). *Um modelo de simulação para dimensionar a estrutura de uma lavanderia*.

Leal, F., Almeida, D. A. de, & Montevechi, J. A. B. (2008). Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 40.

Maria, A. (1997). Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 29th Conference on Winter Simulation*, 7–13.

Mataczinski, I. S. (n.d.). Estudo de viabilidade para formação de uma cooperativa de prestação de serviços em consultoria grupal e individual para atender as associações empresariais de atuação da Caciopar. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, 7(2), 530–546.

Maurício, T. B., Montevechi, J. A. B., Leal, F., de Carvalho Miranda, R., & Lombardi, F. (2015). < b> Using discrete event simulation to change from a functional layout to a cellular layout in an auto parts industry. *Acta Scientiarum. Technology*, 37(3), 371–378.

Medeiros, A., & Medeiros, C. F. de. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77–86.

Mezomo, J. C. (1992). Qualidade hospitalar: reinventando a administração do hospital. In *Qualidade hospitalar: reinventando a administração do hospital* (p. 217).

Montevechi, J. A. B., Leal, F., de Pinho, A. F., da Silva Costa, R. F., de Oliveira, M. L. M., & da Silva, A. L. F. (2010). Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 1624–1635. IEEE.

Montgomery, D. C., Runger, G. C., & Calado, V. (2000). *Estatística Aplicada E Probabilidade Para Engenheiros*. Grupo Gen-LTC.

Neves, B. C. das, & Lima, E. P. P. (2019). Condições da prestação dos serviços ambientais de coleta e destinação de resíduos de serviços de saúde em unidades básicas de saúde na cidade de Pelotas, RS, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(1), 61–69.

Pereira, T. F., Montevechi, J. A. B., & MIRANDA, R. D. C. (2013). Gestão do conhecimento em projetos de simulação: Uma abordagem da espiral do conhecimento. *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 19.

Prado, C. E. R. (2006). *Termodinâmica de líquidos iônicos via simulação computacional*.

RAGSDALE, C. T. (2009). Modelagem e análise de decisão. *São Paulo: Cengage Learning*.

Ribeiro, L. F., Fernandes, M. B., & Nogueira, T. H. (2019). 04) Análise das Devoluções de Mercadoria de uma Indústria de Laticínios com o Auxílio de Ferramentas de Controle da Qualidade. *Revista Brasileira de Gestão e Engenharia/ RBGE/ ISSN 2237-1664*, (20), 69–82.

Rodrigues, T. V., de Jesus, R. H. G., Oliveira, N. P., Sanjuliao, L.-R. K. A. F., Reis, M. J., Reis, F. M. D., ... Miranda, P. C. R. (2019). Modelo para redução no tempo de carregamento, utilizando técnicas de modelagem e simulação/Model for reduction in loading time, using modeling and simulation techniques. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 25386–25401.

Russel, R. de O. M., Passos, F. U., Menezes, B. L. S., & Miura, M. N. (2020). MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O BALANCEAMENTO DE LINHAS DE MONTAGEM DE COMPUTADORES. *REVISTA DE TECNOLOGIA*

APLICADA, 8(2), 16–27.

Sabbadini, F., Gonçalves, A. A., & de Oliveira, M. J. F. (2006). Gestão da capacidade de atendimento e simulação computacional para a melhoria na alocação de recursos e no nível de serviço em hospitais. *Artigo Apresentado No III SEGET–Simpósio de Excelência Em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ*, 16–18.

Sargent, R. G. (2010). Verification and validation of simulation models. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 166–183. IEEE.

Silva, B. L., & Xavier, M. G. P. (2020). Inovação e tecnologia em lavanderias de jeans do polo têxtil do agreste Pernambucano e a implementação das atividades de reuso de água. *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 41458–41476.