



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO
PRETO
ESCOLA DE MINAS**

**Departamento de Engenharia de Produção,
Administração e Economia**



UM MODELO DE SIMULAÇÃO PARA DIMENSIONAR A ESTRUTURA DE UMA LAVANDERIA

Ouro Preto - MG

Julho, 2019

Mariana Gonçalves Jales

**UM MODELO DE SIMULAÇÃO PARA DIMENSIONAR A
ESTRUTURA DE UMA LAVANDERIA**

Monografia submetida à apreciação da banca examinadora de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de graduado em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Aloisio de Castro
Gomes Junior

**Ouro Preto – MG
Julho, 2019**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aos 09 dias do mês de julho de 2019, às 15:30, no prédio da Escola de Minas – Campus Morro do Cruzeiro – UFOP, foi realizada a defesa do trabalho de conclusão de curso da aluna MARIANA GONÇALVES JALES, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. Aloísio de Castro Gomes Júnior, Prof. Helton Cristiano Gomes e Prof. Samantha Rodrigues de Araújo. A aluna apresentou o trabalho intitulado: “UM MODELO DE SIMULAÇÃO PARA DIMENSIONAR A ESTRUTURA DE UMA LAVANDERIA”. A comissão examinadora deliberou, por unanimidade, pela aprovação da candidata, concedendo-lhe o prazo de 15 dias para a incorporação no texto final das alterações sugeridas. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

Ouro Preto, 09 de julho de 2019

Prof. Aloísio de Castro Gomes Júnior
Professor Orientador/Presidente – UFOP/DEPRO

Prof. Helton Cristiano Gomes
Professora convidada – UFOP/DEPRO

Prof. Samantha Rodrigues de Araújo
Professora convidada – UFOP/DEPRO

Mariana Gonçalves Jales
Aluna UFOP/DEPRO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora, por guiar os passos e iluminar os caminhos sempre e peço que abençoe a cada um que me ajudou a chegar até aqui.

Agradeço aos meus maiores exemplos de amor, força e dedicação: Pai e Mãe, obrigada pela vida, pela linda família construída, por serem felizes com nossas conquistas, mesmo deixando muitos sonhos de vocês para trás. Aos meus queridos irmãos, cada um com seu jeito, me deu força e motivação e sou muito grata por isso. Aline, obrigada por ser esse exemplo de dedicação e determinação e Saulo, obrigada pela parceria e por me trazer oportunidades de crescimento. Todo amor que tenho por vocês não é suficiente para agradecer.

Às famílias Gonçalves e Jales, agradeço por todo carinho e por sempre torcer por mim, pelos exemplos e por sempre estarmos juntos.

Tio Afonso, Talita, Lurdinha e Bruno, obrigada por ser uma família exemplo, por nos apoiarem sempre, pelo cuidado e conselhos, principalmente nesta fase.

Tereza, Dani, Mel, Yara e Su, obrigada por sempre acreditarem em mim, pelos melhores risos quando estamos juntas e por todo apoio ao longo dessa caminhada. Isabela, obrigada pela força, pela inspiração e por ser esse exemplo de dedicação. Obrigada por serem essas amigas que me motivam a ser cada vez melhor.

Rafaela, Jordana e Fernanda: sou muito grata por ter vocês na minha vida. Compartilhar esse momento com vocês foi incrível! Obrigada pelo companheirismo, pelos conselhos e apoio principalmente enquanto estamos neste mesmo barco e também pelos risos constantes e melhores memes.

Samantha, obrigada pela excelente pessoa e professora, obrigada por todo o carinho e pela orientação.

Aloisio, muito obrigada pela orientação final e ter possibilitado a conclusão deste trabalho.

“Todos nós temos sonhos. Para torná-los realidade, é necessária muita determinação, dedicação, autodisciplina e esforço.” (Jesse Owens).

Os primeiros passos foram dados. Agora é continuar a correr, para tornar os sonhos realidade!

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo computacional, com o uso do Arena®, para simular o processo de lavagem de uma lavanderia, com a finalidade de melhorar o desempenho e utilizar melhor os recursos, principalmente nas épocas de pico. As etapas para construção do modelo são apresentadas e para realizar a análise, foram gerados seis cenários diferentes, em que os dois primeiros representam o período normal da lavanderia e os quatro últimos, o período de pico. Nesses seis cenários, variou-se o número de máquinas de secar, número de calandras e funcionários da calandra. Por meio da simulação, verificou-se que a troca de uma máquina de secar por uma calandra extra poderia trazer melhores resultados para a lavanderia com a utilização mais adequada dos recursos.

Palavras-chave: Simulação, Lavanderia, Estudo de Caso, Pesquisa Participante, Arena®.

ABSTRACT

This work presents the development of a computational model, using Arena®, to simulate the washing process of a laundry, with the purpose of proposing improvements to this process, aiming at a better performance and better utilization of resources, especially in times of peak. The steps of the model constructions are presented and six different scenarios were created to perform the analysis, the first two represent the normal season of the laundry and the last four, the peak season. In this six scenarios, the number of dry machines, calenders and calenders employees varied. By simulation, it has been verified that the exchange of a dry machine by extra calender machine can bring better results to the laundry with the proper use of resources.

Keywords: Simulation, Laundry, Arena®.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Passos de um estudo de simulação	24
Figura 2 - Ficha domiciliar	24
Figura 3 - Ficha industrial.....	25
Figura 4 - Fluxograma do processo de lavagem	27
Figura 5 - Fluxograma do processo de secagem	28
Figura 6 - Fluxograma do processo de passagem	28
Figura 7 - Parte inicial do modelo no ARENA.....	28
Figura 8 - Parte que representa a lavagem na máquina de lavar 1 do modelo no ARENA.	29
Figura 9 - Parte que representa a secagem na máquina de secar 1 do modelo no ARENA	29
Figura 10 - Parte que representa a passagem de roupas do modelo no ARENA.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempos estimados pelos funcionários	30
Tabela 2 - Dados dos Cenários simulados	31
Tabela 3 - Quantidade de roupa e tempo médio de lavagem em cada Cenário simulado ..	32
Tabela 4 - Taxa de ocupação dos recursos em cada Cenário simulado	33
Tabela 5 - Tamanho médio das filas em cada Cenários simulado	34
Tabela 6 - Tempos médios (em minutos) de espera nas filas em cada Cenário simulado..	35

SUMÁRIO

1	Introdução	9
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	Justificativa.....	100
2	Revisão Bibliográfica	12
2.1	Simulação e modelagem.....	12
2.2	Vantagens da Simulação	14
2.3	Terminologia da Simulação	15
2.4	Etapas de um estudo de simulação	16
2.5	Aplicações da Simulação	19
2.6	O Software de Simulação Arena	21
3	Procedimentos Metodológicos	22
3.1	Classificação da Pesquisa.....	22
4	Caracterização da empresa, mapeamento de processos e modelo de simulação	23
4.1	A empresa Lave e Limpe	23
4.2	Portifólio de Serviços	23
4.3	Processos Estudados.....	25
4.4	Modelo de Simulação.....	27
5	Simulação e Resultados.....	32
5.1	Cenários simulados	32
5.2	Resultados	33
6	Conclusão.....	38
	Referências Bibliográficas	39

1. Introdução

De acordo com a Associação Nacional de Empresas de Lavanderia (ANEL, 2016), o país possui 9.500 lavanderias, as quais 7.400 pertencem ao segmento doméstico e o restante, 2.100, são do segmento industrial. O Estado de São Paulo concentra cerca de 6.000 destas 9.500 lavanderias, sendo 4.900 domésticas e 1.100 industriais. Em 2014, a ANEL realizou um levantamento sobre o faturamento do setor e estima que foi de aproximadamente 7 bilhões de reais. O setor cresce a uma média de 5% ao ano e até 2020, espera-se um crescimento de 10% no faturamento e 20% em oferta de serviços.

Sempre que ocorrem eventos tanto mundiais, quanto nacionais, o serviço tem um crescimento, principalmente oriundo do público industrial, por exemplo em eventos mundiais como Copas do Mundo e Olimpíadas, e até mesmo eventos e feriados nacionais, em que há uma demanda muito grande em hotéis, pousadas, restaurantes e consequentemente há uma demanda imediata para as lavanderias, as quais devem estar preparadas para atender o grande volume de peças em um curto espaço de tempo.

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2014), no Brasil somente 2,65% da população faz uso desse serviço e é um desafio estimular as pessoas a mudarem o hábito de lavar roupas em casa e passarem a utilizar as lavanderias. No mundo globalizado e cada vez mais moderno, a demanda por serviços teve um aumento significativo e é um fato animador para o setor de lavanderias, pois a demanda para o público doméstico de classe alta e média tende a aumentar. Para o público industrial, alguns estabelecimentos optam por oferecer o próprio serviço de lavanderia, no entanto, outros estabelecimentos acabam por terceirizar o serviço. Há também as empresas que preferem enviar seus uniformes para lavanderias visto que há uma garantia maior de qualidade, pois muitos funcionários costumam lavar os próprios uniformes em suas residências e com isso, a empresa não consegue garantir o padrão devido a manchas por resíduos de produtos químicos, por exemplo.

Dessa forma, esse trabalho pretende responder as seguintes questões: Quais são os principais problemas encontrados durante o serviço da lavanderia estudada? Quais os principais gargalos encontrados no processo de lavagem industrial? Como a simulação pode contribuir com soluções para esses problemas?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a simulação de eventos discretos para identificar os problemas ocorridos nas etapas de lavagem, secagem e passagem de peças industriais realizadas por uma lavanderia situada na cidade de Ouro Preto – MG e analisar possíveis modificações para melhoria do processo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Fazer um mapeamento dos processos de lavagem, secagem e passagem de peças industriais realizadas pela lavanderia estudada;
- Construir o modelo de simulação dos processos mapeados;
- Analisar os resultados da simulação e identificar possíveis sugestões de mudanças para melhoria dos processos.

1.2 Justificativa

A lavanderia Lave e Limpe compartilha da maioria de seus recursos, como pessoas e maquinário, para realizar os serviços para o público industrial e domiciliar. Dessa forma, durante os processos industrial e domiciliar, há ocorrência de peças em espera para seguir para outras etapas. E com isso, o tempo de entrega pode se tornar maior que o planejado.

Em períodos de alta nos hotéis, albergues (*hostels*) e pousadas, durante eventos maiores na cidade como o Festival de Inverno – Ouro Preto e Mariana, que acontece em Julho, mês em que Ouro Preto recebe o maior volume de turistas devido ao período de férias, a lavanderia recebe uma demanda muito grande de peças desse setor. Nesse contexto, o compartilhamento de tais recursos se torna mais grave, visto que a lavanderia não é capaz de atender os dois públicos com o tempo de entrega agradável a todos os clientes. Logo, nesta época do ano, ocorre uma pausa temporária no atendimento ao público domiciliar para

atender a grande demanda do público industrial. E ainda assim, os prazos de entrega aos clientes do setor industrial precisam ser negociados diariamente, em que geralmente as peças vão sendo entregues aos poucos, de acordo com as prioridades encontradas e também à medida que um volume considerável de peças esteja pronto para atender ao menos parte da necessidade de tais clientes.

Somente após esse período de alta demanda, a lavanderia retorna ao atendimento domiciliar. Entretanto, o compartilhamento de recursos ainda causa a fila para as peças, apesar do volume industrial ter diminuído.

A partir disso, viu-se a necessidade de estudar as razões pelas quais existe esse gargalo. Dessa forma, a simulação, que é pouco utilizada para empresas de pequeno porte, foi escolhida para este estudo e será utilizada para descrever os processos de lavagem, secagem e passagem das peças industriais. Visto que a simulação pode ser feita sem interromper o processo atual e que pode ser replicada várias vezes com a possibilidade de testar vários Cenários, será possível analisar as contribuições do uso da simulação para empresas de pequeno porte, verificar os resultados obtidos nos processos simulados e realizar um diagnóstico de tal estudo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Simulação e modelagem

Com o aumento da complexidade e especialização das organizações, aumenta também a dificuldade de alocação de recursos disponíveis para diferentes atividades de forma eficiente. Essa necessidade de obter a melhor saída para solucionar problemas como esses, criou condições para surgir a Pesquisa Operacional, comumente referida como PO.

A PO se aplica em problemas de condução e coordenação de atividades das organizações e tem uma gama de aplicação excepcionalmente grande. Pode ser aplicada em áreas distintas como manufatura, transportes, construção, telecomunicações, planejamento financeiro, assistência médica, militar e serviços públicos e de acordo com cada caso, podem ser utilizadas as técnicas de Programação Linear, Teoria das Filas, Cadeias de Markov, e Simulação, dentre outras (HILLIER e LIEBBERMAN, 2006).

Uma das técnicas chave é a Simulação, sendo a mais usada por ser uma ferramenta flexível e intuitiva, que, por meio de um computador, simula um processo ou sistema inteiro, com alta velocidade, o que permite trazer resultados de anos em questão de segundos. Para Law e Kelton (1991), a simulação é a ferramenta de apoio à decisão que mais se destaca para utilização nos processos com variabilidade alta e grandes números variáveis.

De acordo com Andrade (2002), a simulação de um sistema consiste em operar, geralmente com o uso de computadores, um modelo que retrata esse sistema, seguindo padrões e condições as quais tal sistema está submetido. Através do modelo é possível realizar manipulações que não seriam viáveis no sistema real, devido a custos ou impossibilidade de fazê-las. Para Banks (1998) a simulação é a imitação de operações de processos reais.

Os modelos de simulação, segundo Chwif e Medina (2015), são utilizados particularmente como ferramentas para se obter respostas a sentenças do tipo “O que ocorre se...?”, ou como: “O que ocorre se adicionarmos um terceiro turno de produção?”; “O que ocorre se houver um pico de demanda de 30%?”; “O que ocorre se adquirirmos um novo equipamento?”.

O uso da simulação pode ser justificado pelo fato de ser impossível ou bastante oneroso realizar a observação em processos reais; a complexidade do sistema observado pode tornar impossível descrevê-lo em um sistema matemático adequado com soluções viáveis; e caso seja possível desenvolver um sistema matemático para o sistema, o resultado pode ser trabalhoso e com pouca flexibilidade (ANDRADE, 2002).

A simulação tem uso nos estudos baseados em experimentos feitos por meio de um modelo e o sistema real é complexo de forma que é inviável utilizar outros métodos em razão do número de variáveis existentes (BANKS *et al.*, 1996). Essa ferramenta pode fornecer vários Cenários, levando em consideração fatores conjuntos ou individuais, com a finalidade de apoio à decisão entre o melhor Cenário de acordo com os interesses e necessidades da empresa ou de quem está à frente do processo simulado.

Conforme Law e Kelton (1991), avaliar, no contexto real, os experimentos de mudanças na manufatura enxuta e uso de novas ferramentas, é inviável do ponto de vista estratégico e financeiro.

Portanto, um modelo de simulação sintetiza o sistema construindo-o, componente por componente, e evento por evento. Depois, o sistema simulado é executado e a partir daí são tiradas observações dos resultados. O próximo passo, com o projeto detalhado pronto, é testar o sistema na prática para ajustes no projeto final (HILLIER e LIEBBERMAN, 2006).

Conforme Bateman *et. al* (2013), evento discreto corresponde a uma ação instantânea que ocorre em um único momento. Para Chwif e Medina (2015), simulação de eventos discretos tem uso na modelagem de sistemas que, a partir do acontecimento de eventos, tem mudanças no seu estado em momentos discretos no tempo. Considerando a preparação de uma xícara de chá, temos três eventos que ocorrem em determinados instantes no tempo, sendo eles: colocar água quente na xícara, colocar o chá na água quente e disponibilizar o chá. (CHWIF; MEDINA, 2015)

Para Siebers *et al.* (2010), os eventos discretos têm foco na modelagem do processo, o controle é centralizado, as entidades são reativas, filas são elementos importantes há inflexibilidade de definição de rotas dos agentes no ambiente (todas as rotas devem ser previamente definidas).

Segundo Chwif e Medina (2015) um evento é uma mudança no estado do modelo que ocorre num determinado instante de tempo. A duração de uma atividade que se inicia, pode ser amostrada por uma distribuição específica, sendo que o tempo que ela chegará ao fim pode ser registrado numa lista de eventos futuros e com isso, a finalização de atividades determina o evento limite.

2.2. Vantagens da Simulação

Segundo Andrade (2002) as vantagens do uso da simulação estão relacionadas ao fato de que é possível estudar e experimentar sistemas mais complexos de um sistema, em uma empresa ou parte dela, é possível também estudar algumas variações no meio ambiente para verificar seus impactos no sistema. Além disso, adquirir experiência ao construir modelos de simulação leva a uma melhor compreensão do sistema e por consequência, ter uma base para propor melhorias. Nos sistemas complexos, a simulação permite descobrir a interação das variáveis mais importantes.

A simulação se torna importante também para preparar a administração em casos em que o sistema é pouco conhecido ou se tem quase nenhuma informação sobre seu comportamento. E também pode servir como primeiro teste, antes da sua implementação no sistema real, de forma que seja possível desenhar regras e políticas para decisão de tal sistema.

Ao mesmo tempo que a simulação é uma excelente ferramenta de análise, é necessário entender as vantagens e desvantagens. Segundo Freitas Filho (2008), baseado nos textos de Pagden (1991) e Banks (1984), a simulação apresenta vantagens como a de o modelo construído poder ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas, ela geralmente é mais fácil de ser aplicado que os métodos analíticos. Como são quase detalhados como o sistema real, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, podem ser avaliados sem perturbar o sistema real. Além disso, hipóteses sobre como ou porque certos fenômenos acontecem, podem ser testadas para confirmação e com a ajuda visual, a identificação de gargalos e preocupação maior com o gerenciamento operacional de inúmeros sistemas podem ser obtidas mais facilmente.

Algumas desvantagens estão relacionadas a exigência de um certo nível de treinamento ao longo do tempo para construir modelos. Outro ponto é que os resultados da simulação, em

sua maioria, são difíceis de interpretar, uma vez que os modelos tentam captar as variabilidades do sistema e existem dificuldades em determinar quando uma observação feita durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios e embutidos no sistema. O tempo também é um recurso bastante consumido, dentre outros recursos, por isso, é importante analisar se a simulação é o que mais se aplica para cada caso. (FREITAS FILHO, 2008).

2.3. Terminologia da simulação

Antes de falar sobre as etapas do estudo da simulação é importante destacar os principais termos usados (adaptado de Banks (1998) e Chung (2004)), a saber:

- Entidade: algo que pode alterar o estado do sistema, podendo ser uma pessoa, no caso particular de sistemas que envolvem serviço ou no caso de manutenção, podem ser componentes aguardando para serem usados.
- Atributos: são variáveis que possuem valores únicos para cada entidade do sistema.
- Filas: é o termo de simulação para linhas. Entidades geralmente esperam em uma fila até que seja sua vez de ser processada/atendida. Uma vez que as entidades entram na fila, elas normalmente não podem sair antes de serem atendidas.
- Recursos: os recursos processam ou servem as entidades que estão na fila e em modelos simples, podem estar ociosos, quando estão disponíveis para processar/atender ou ocupados quando existem entidades sendo processadas/atendidas.
- Relógio da Simulação: por meio de avanços, controla a lista de eventos de simulação. Em um modelo básico de simulação, o relógio de simulação avança em saltos discretos para cada evento da lista de eventos e este tipo de modelo é chamado de uma simulação de eventos discretos.

2.4. Etapas de um estudo de simulação

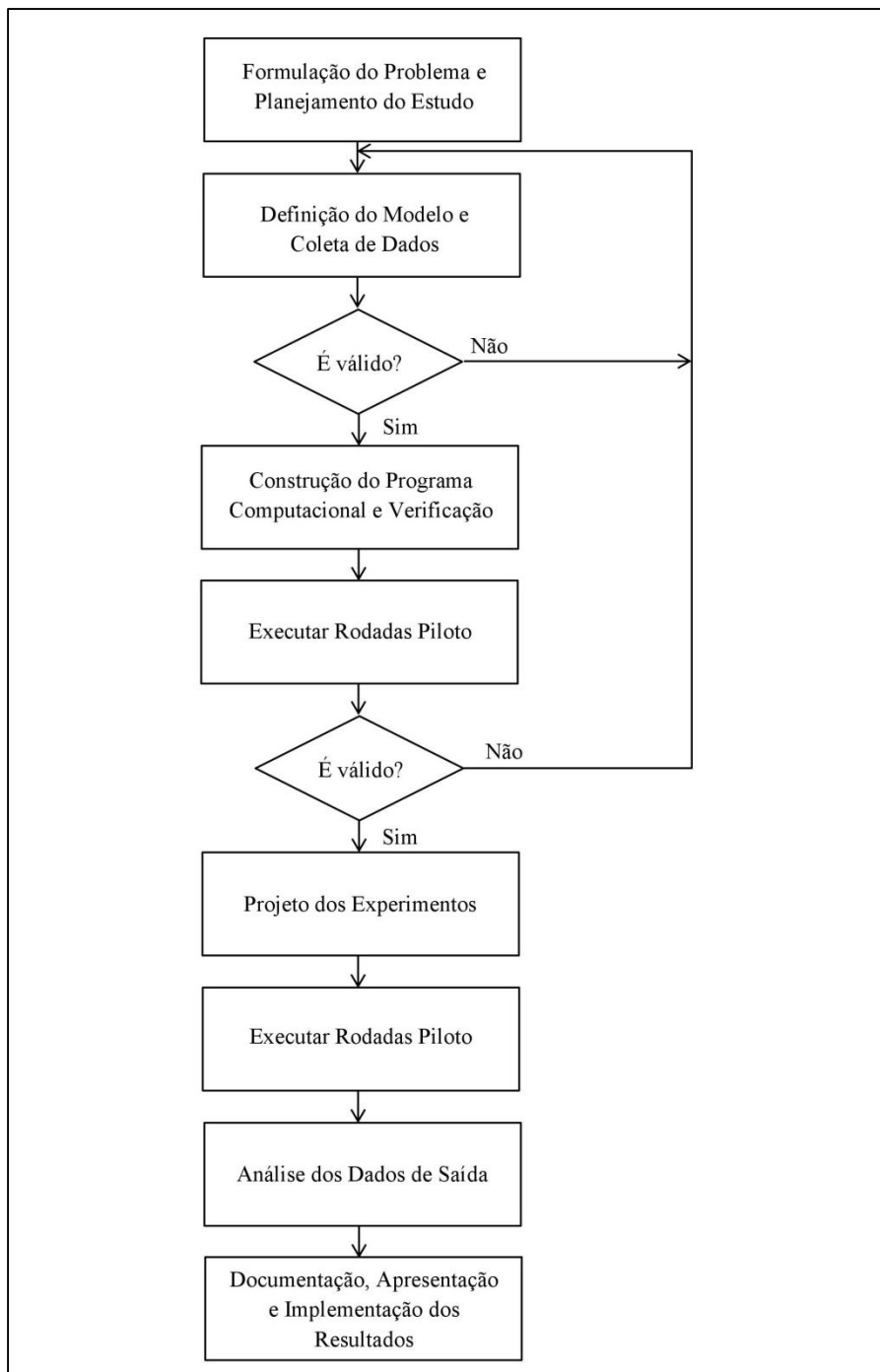
O estudo de simulação é baseado em uma série de etapas que definem sua metodologia. A Figura 1 mostra um fluxograma que representa as fases do estudo e simulação proposto por Law e Kelton (2001).

A primeira etapa é a de Formulação do Problema e Planejamento do Estudo que consiste na determinação de informações das variáveis relacionadas ao sistema e que serão medidas na próxima etapa: Coleta de Dados e Definição do Modelo.

O processo de coleta de dados é a etapa onde são coletadas as principais informações que serão usadas no estudo. Já a etapa de definição do modelo consiste na elaboração do modelo conceitual que será usado para representar o problema em estudo. Os modelos conceituais de um problema de simulação normalmente são representados por diagramas ou fluxogramas.

Depois de coletar os dados e definir o modelo, acontece a Validação do Modelo Conceitual, que consiste em verificar o modelo conceitual. Feito isso, acontece a Construção do Programa Computacional e Verificação, em que a programação é feita na ferramenta de simulação escolhida e depois de modelar, acontece a verificação frente ao modelo determinado.

Figura 1: Passos de um estudo de simulação



FONTE: Adaptado de Law e Kelton (2001)

A próxima fase é a Realização de Execuções Piloto para validação do modelo programado para determinar se o modelo representa um modelo confiável comparado ao modelo real.

Na etapa de Projeto dos Experimentos, as condições iniciais da simulação são determinadas para realizar as execuções da simulação e assim, resultados e medidas de desempenho retornem análises.

Por último, acontece a Documentação e Implementação, para que haja o entendimento do estudo realizado e os resultados do processo tenham credibilidade, além de facilitar alterações e conhecimento de erros do processo.

Apesar de existir uma sequência dos passos da simulação, algumas vezes acontece retrabalho para voltar em etapas anteriores, indicados na Figura 1 com as setas retroativas, nos losangos de decisão.

Já Hillier e Liebberman (2006) separam o modelo de simulação nos seguintes blocos construtivos básicos:

- Uma definição do estado do sistema (por exemplo, o número de clientes em um sistema de filas).
- Identificar os possíveis estados do sistema que podem ocorrer.
- Identificar os possíveis eventos (por exemplo, chegadas e término de atendimento em um sistema de filas) que mudariam o estado do sistema.
- Uma provisão para um relógio simulado, localizado no mesmo endereço do programa de simulação, que vai registrar a passagem do tempo (simulado).
- Um método para gerar eventos aleatoriamente de diversos tipos.
- Uma fórmula para identificar as transições de estado que são geradas pelos diversos tipos de eventos.

De acordo com a classificação realizada por Andrade (2002), a simulação pode ser desenvolvida segundo as seguintes etapas, as quais serão consideradas neste estudo:

- Formulação do Problema e Coleta de Dados;
- Identificação das Variáveis e das Condições do Sistema;
- Construção do Modelo;
- Validação do Modelo com Dados Históricos;
- Realização do Experimento e Análise Estatística de Resultados.

Na formulação do problema e coleta de dados, os objetivos da simulação devem ser claramente definidos, bem como os recursos, a profundidade e a amplitude desejadas com a análise, entretanto estes podem ser alterados ao longo do processo de simulação. Com o problema formulado, deve-se realizar a coleta de dados com os cuidados de haver uma quantidade suficiente, levar em consideração a confiabilidade, e devem ter significância no momento de tomada de decisão.

Antes de construir o modelo, é necessário identificar as variáveis do problema, além de definir as relações entre elas, verificar as condições e restrições, para que o sistema real seja representado da forma mais aproximada possível.

A etapa mais difícil do processo de simulação pode estar na construção do modelo ou, no mínimo, é a etapa que exige o maior cuidado possível, visto que para construir o modelo, arte e técnica são exigidas, para que este consiga representar de fato o sistema. Depois de conhecidas as variáveis, os objetivos, os dados disponíveis e as condições reais, o modelo é construído a partir da formulação das equações.

A validação do modelo com dados históricos é realizada para verificar se o modelo construído atende aos objetivos planejados e se representa corretamente o sistema. Normalmente o primeiro a ser testado é o modelo feito com dados históricos e prévias condições, com o intuito de reproduzir o sistema da realidade. Se for aceito, o programa no computador pode ser construído.

Por fim, os resultados da simulação consistem numa distribuição de valores a ser analisada, através da estatística, com a finalidade de estimar o desempenho e variações do sistema, bem como os riscos implicados pela operação.

O próximo passo da metodologia de simulação consiste em construir e verificar o programa computacional, o qual, neste estudo, foi implementado no software Arena®.

2.5. Aplicações de Simulação

A simulação tem um campo de aplicação muito amplo, podendo simplesmente ser dividida em dois grandes setores: manufatura e serviços. Na área de serviços, bons exemplos de

aplicação estão em: aeroportos e portos, para dimensionar número necessário de postos de check-in ou verificar se o número de equipamentos e de movimentação de materiais e homens é suficiente para carregar e descarregar um determinado número de navios em um certo tempo estipulado; bancos, para determinar o tempo máximo de fila de espera; centrais de atendimento: determinação da melhor configuração para a ilha de atendimento; hospitais: estudo de comportamento de UTIs ou dimensionamento de ambulâncias; parque de diversões: verificação dos tempos de espera em atrações; restaurantes e cadeias de *fast-food*: dimensionamento da capacidade da cozinha; supermercados: tamanho ideal do estacionamento. Na área de manufatura, a simulação pode ser aplicada em sistemas de movimentação e armazenagem de materiais, linha de montagem, células automatizadas, problemas de programação da produção, análise de estoque e “Kanban” (CHWIF e MEDINA, 2015).

Um exemplo de aplicação da Simulação de Eventos Discretos em lavanderias foi usado no estudo do processo de lavagem numa lavanderia industrial hospitalar do Vale do Aço, que apresenta o modelo computacional no Arena®, com a finalidade de melhorar o desempenho e utilizar melhor os recursos. Nesse estudo citado, a escolha pela simulação é justificada pela possibilidade de substituição de equipamentos sem haver a alteração do sistema real, antes mesmo de concluir a real necessidade. A lavanderia de um hospital tem uma importância muito grande pois é necessário ter um cuidado especial pelas roupas dos profissionais da saúde ali presentes e também dos pacientes, para que fiquem livres de infecção e bactéria. Além das roupas, há o cuidado também com a lavagem de lençóis e cobertores. O processo da lavanderia estudada é constituído das seguintes etapas: (i) separação das roupas por tipo e grau de sujeira; (ii) pesagem; (iii) lavagem; (iv) secagem; (v) passagem (alguns tipos de roupa); (vi) dobragem e (vii) armazenamento. Na análise da lavanderia, quatro Cenários foram gerados de acordo com o número e tipo das máquinas de lavar. Foram mapeados todos os equipamentos, bem como a capacidade de cada um em cada etapa, tempos e recursos foram medidos e registrados e tratados no *Input Analyzer* e a partir das expressões geradas, o modelo computacional foi construído no Arena®. Ao realizar a simulação, a análise mostrou que as modificações deveriam ser feitas no setor de lavagem, pelas altas taxas de utilização e tempos elevados de espera na fila. As substituições de equipamentos foram feitas com os testes computacionais e os resultados se mostraram satisfatórios, pois houve uma redução significativa dos tempos médios de fila

no setor de lavagem e uma taxa de utilização mais adequada para as máquinas de lavar. (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2017)

2.6. O software de Simulação Arena

O Arena® é um software de simulação de sistemas discretos mais utilizado no mundo e é considerado um dos sistemas mais inovadores, por ter uma plataforma integrada, que permite análise estatística através de seus recursos gráficos, modelagem de processos através de fluxogramas construídos intuitivamente com os blocos e caixas específicos disponibilizados pelo sistema, animações em 2D e 3D e análise de resultados. (PARAGON, 2017)

Ao realizar simulações, o Arena® permite a visualização de diversos Cenários, o que resulta na análise dinâmica entre os elementos do sistema. A partir disso, é possível identificar gargalos, como formação de filas em determinadas etapas do processo, análise de tempos, taxa de ocupação de recursos. (PARAGON, 2017)

As vantagens de utilizar o Arena® estão relacionadas a possibilidade de visualização melhor do sistema simulado, explorar melhorias para o processo sem necessidade de parar o processo real, reduzir custos operacionais e tempos de entrega, diagnosticar e resolver problemas com a identificação e redução de gargalos com novas propostas simuladas. (PARAGON, 2017)

3. Procedimentos Metodológicos

3.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa pode ser classificada conforme a abordagem: qualitativa ou quantitativa; natureza: básica ou aplicada; objetivos: pesquisa exploratória, pesquisa descritiva ou pesquisa explicativa e procedimentos: pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa de campo, pesquisa *ex-post-facto*, pesquisa de levantamento, pesquisa com *survey*, estudo de caso, pesquisa participante, pesquisa-ação, pesquisa etnográfica ou pesquisa etnometodológica (SILVEIRA; GERHARDT, 2009).

De acordo com Ganga (2012) e ao aplicar o conceito, a pesquisa realizada neste trabalho pode ser classificada como quantitativa, visto que há uma coleta de dados sobre tempo e recursos, principalmente, e uma análise estatística para tratamento dos dados através da simulação.

A natureza é aplicada, uma vez que a pesquisa tem como objetivo desenvolver propostas de soluções para o problema específico identificado através dos resultados da análise.

Partindo do princípio que a pesquisa envolve uma maior familiaridade com o problema e cria hipóteses, pode ser classificada como exploratória. Também por descrever acontecimentos ou ocorrências que serão estudadas, é uma pesquisa descritiva.

Considerando que o presente projeto conta com a observação direta para coleta de dados, além de realizações de testes e implementação de ações, a pesquisa pode ser classificada como estudo de caso e pesquisa participante.

4. Caracterização da empresa, mapeamento de processos e modelo de simulação

4.1 A empresa Lave e Limpe

A Lavanderia Lave e Limpe, a qual iniciou suas atividades em 2013, é considerada uma empresa de pequeno porte, especializada na lavagem tradicional, bem como na passagem a ferro de peças de vestuário e têxtil-lar.

A equipe de colaboradores, que corresponde a dez colaboradores fixos, é qualificada no tratamento de peças de vestuário e do lar. Em períodos de alta demanda, como dezembro, janeiro, fevereiro, julho e outubro, há contratação de equipe extra, também qualificada, para atender o alto volume de serviço neste período.

Por mês, a empresa atende cerca de quarenta clientes do setor comercial, o que inclui pousadas, hotéis, albergues (*hostels*), restaurantes de Ouro Preto, Lavras Novas, Mariana, Conselheiro Lafaiete e Ouro Branco, com o serviço de recolhimento e entrega das peças prontas. A demanda deste público tem maior frequência e previsibilidade, diferente do público domiciliar, que corresponde a cerca de sessenta pedidos ao mês, porém com uma demanda variável. O público domiciliar atendido é o da população de Ouro Preto, e o serviço também é o de recolha e entrega de peças prontas.

Na lavanderia estudada existem os seguintes equipamentos: 1 máquina de lavar industrial automatizada com capacidade de 20 Kg; 1 máquina de lavar industrial automatizada com capacidade de 30 Kg; 1 máquina de lavar industrial automatizada com capacidade de 50 Kg; uma secadora de capacidade de 15 Kg e outra com capacidade de 30 Kg; 2 ferros de passar roupa; e 2 Calandras de 2,10m.

4.2 Portfólio de Serviços

Os serviços oferecidos para os setores comercial e domiciliar correspondem a coleta e entrega das peças, e passam pelas seguintes etapas: Separação, Lavagem, Secagem, Passagem e Embalagem.

Figura 3: Ficha industrial

Quantidade	Peças	Valor Unitário	Valor Parcial
	Lençol Elástico Solteiro		
	Lençol Elástico Casal		
	Virol Solteiro		
	Virol Casal		
	Fronha		
	Capa Edredom		
	Toalha de banho		
	Toalha de rosto		
	Piso		
	Roupão		
	Edredom		
	Manta Microfibra		
	Cobertor		
	Colcha		
	Tapetes		
	Cortina		
VALOR TOTAL (R\$)			
Cliente: _____		Tel: _____	
Endereço: _____			
Entrada: ___/___/___			
Entrega: ___/___/___			
Obs: _____			

FONTE: Lavanderia Lave e Limpe

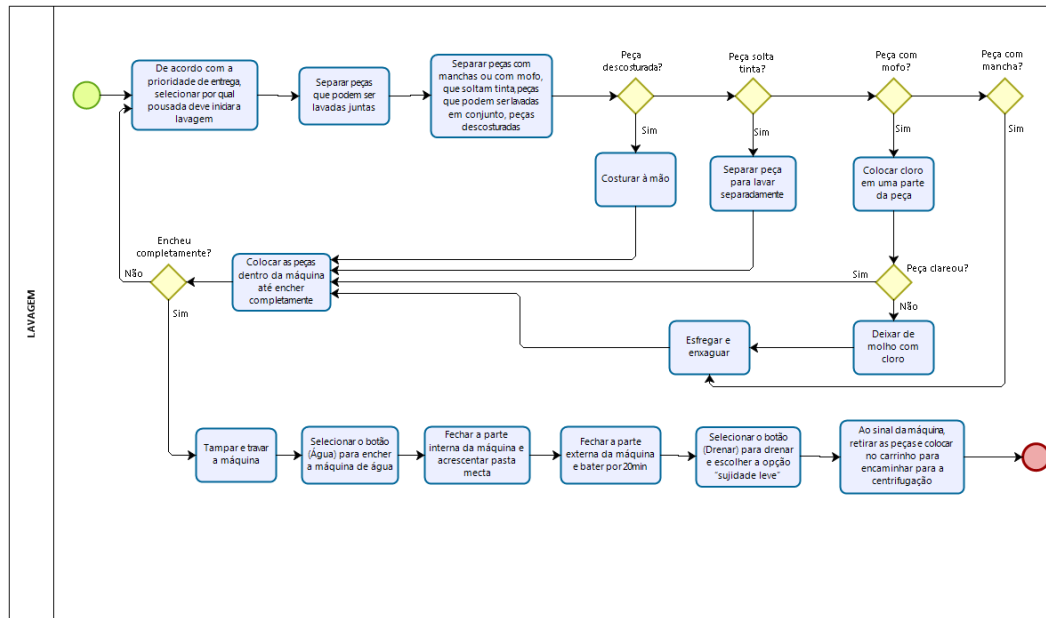
4.3 Processos Estudados

Os processos a serem estudados são: Lavagem (Figura 4), Secagem (Figura 5) e Passagem (Figura 6). Para este estudo, iniciou-se uma observação dos procedimentos, passo a passo e a partir disso os mapeamentos desses três processos no formato de fluxograma foram construídos, com a utilização o Bizagi®. Tais mapeamentos foram bastante úteis para identificar, de início, possíveis gargalos, mas contribuiu principalmente para a construção do modelo de simulação estudado.

O processo de Lavagem se inicia com a contagem e separação de peças, em peças que podem ser lavadas juntas, de acordo com o tipo e cor. Em seguida, os lotes de peças são colocados na máquina, e no caso das peças domiciliares, são colocados na máquina automatizada de

20 Kg e a máquina é programada para lavagem. Mais detalhes do processo de lavagem são apresentados na Figura 4.

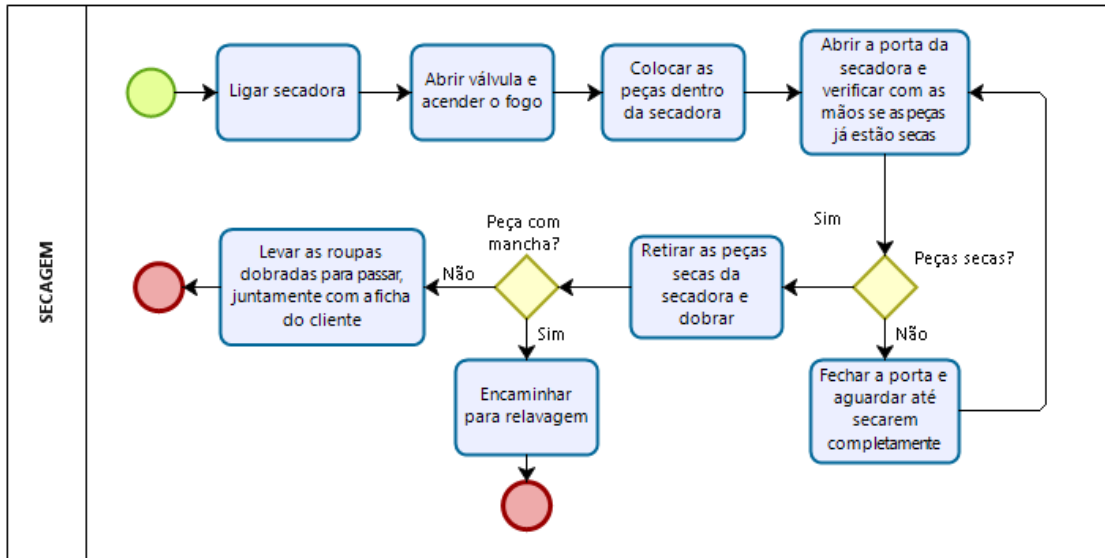
Figura 4: Fluxograma do processo de lavagem



FONTE: O autor

Assim que finalizada a lavagem, as peças são retiradas com auxílio de baldes e são colocadas na secadora de 15 ou 30 Kg, de acordo com a quantidade. Assim que estiverem secas, as peças são dobradas e levadas para a passadoria. A Figura 5 apresenta os detalhes do processo de secagem.

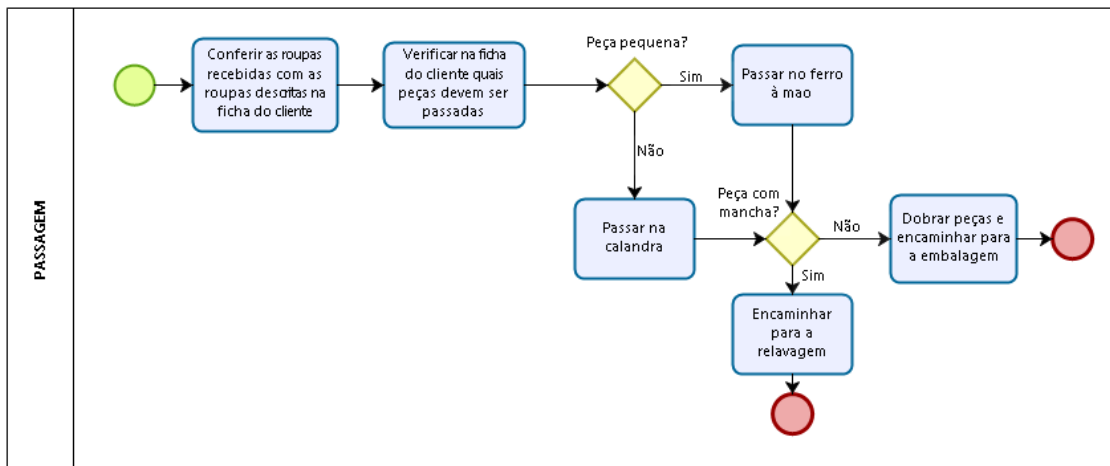
Figura 5: Fluxograma do processo de secagem



FONTE: O autor

A maioria das peças comerciais são passadas na calandra, exceto algumas fronhas, guardanapos, lençóis de elástico ou outras peças menores, as quais são passadas no ferro. Os detalhes do processo de passagem das roupas podem ser vistos na Figura 6.

Figura 6: Fluxograma do processo de passagem



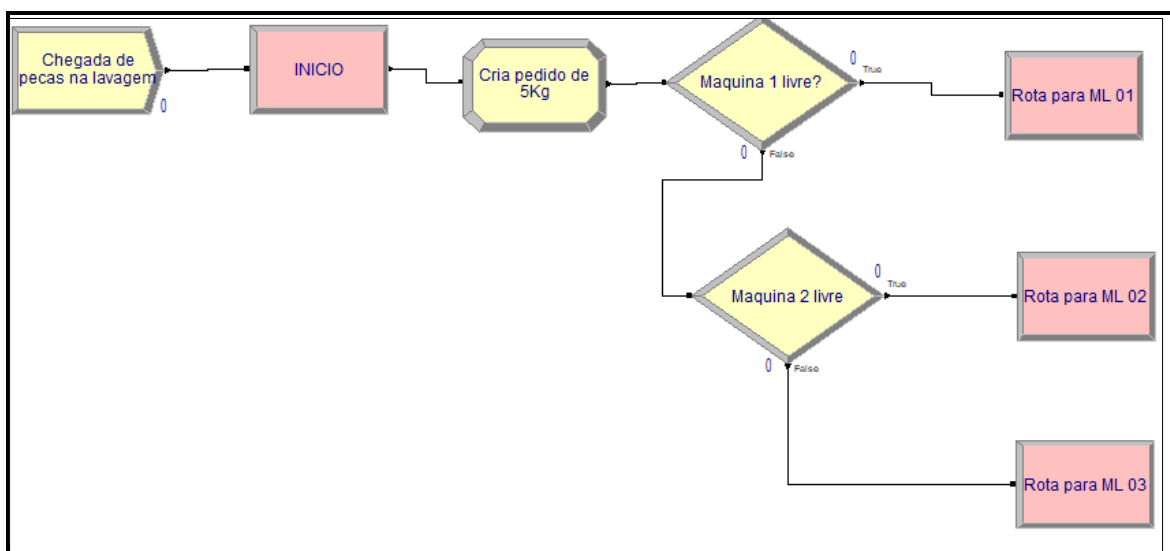
FONTE: O autor

4.4 Modelo de Simulação

Após mapear os processos de lavagem, secagem e passagem, o modelo de simulação pode então ser construído no Arena®, sendo que todas os blocos e estrutura a seguir foram utilizados nos 6 Cenários simulados.

A estrutura do modelo foi baseada no mapeamento de processos de cada uma dessas etapas e tem início com o bloco *create* para iniciar o processo de chegada da entidade peças, seguida do bloco *station* que representa o ponto inicial do processo, aonde chegam as peças de roupas. Em seguida tem-se o bloco *assign*, que cria o atributo peso e atribui a ele o valor de 5 Kg. Na sequência, há a verificação de qual máquina de lavar (ML01, ML02 ou ML03) será utilizada, por meio dos blocos *decide*. Nesse momento, dá-se preferência para as máquinas de maior capacidade. Essa primeira parte do modelo de simulação é representado na Figura 7.

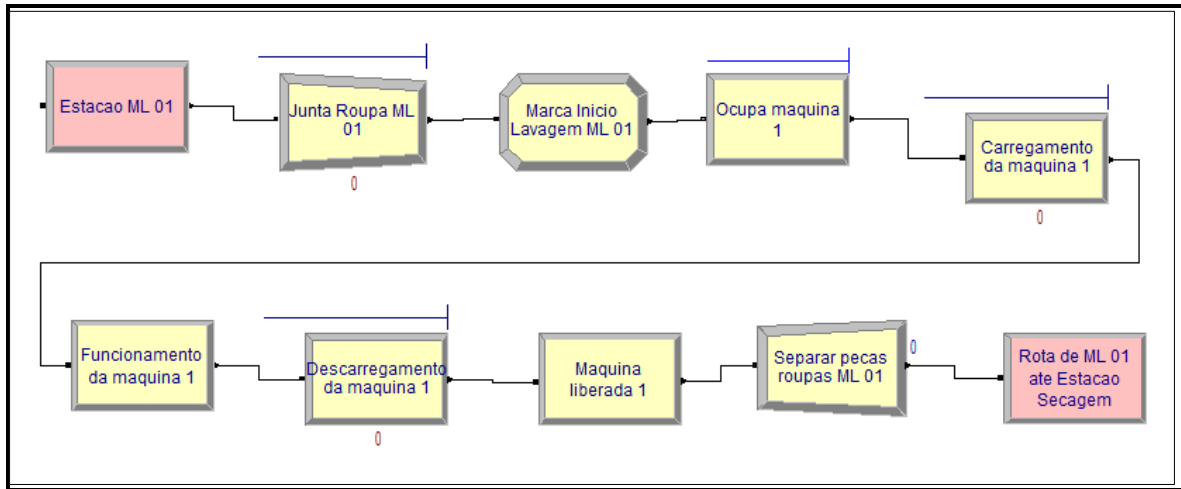
Figura 7: Parte inicial do modelo no ARENA



FONTE: O autor

Assim que as peças são alocadas em cada máquina, passam pelo bloco *station* (que representa o ponto de início da lavagem na máquina) para iniciar a lavagem. Para isso, o *batch* junta as peças que chegam e o *assign* cria um atributo para contabilizar o momento de início da lavagem. Em seguida, há a ocupação da máquina através do bloco *seize*, o bloco *process* representa o processo de carregamento da máquina e a ocupação do recurso funcionário desse setor, o bloco *delay* representa o funcionamento da máquina, o bloco *process* representa também o processo de descarregamento da máquina de lavar e desocupar o funcionário. O bloco *release* libera a máquina e por último o bloco *separate* separa as peças que foram unidas pelo bloco *batch* e encaminhar para o bloco *route*, que levará a entidade ao processo de secagem. Essa etapa do processo é representada na Figura 8.

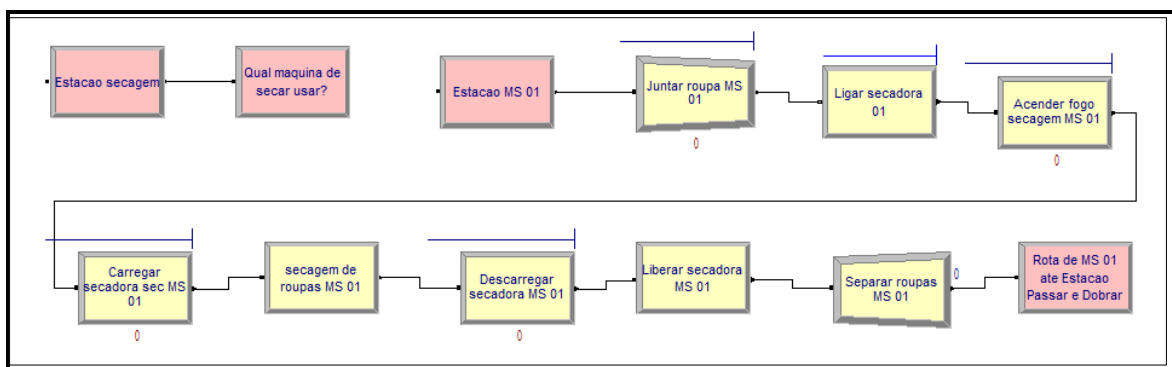
Figura 8: Parte que representa a lavagem na máquina de lavar 01 do modelo no ARENA



FONTE: O autor

Na secagem, o bloco *batch* junta as peças, de acordo com a capacidade da máquina, para colocá-las na secadora. Enquanto isso, o bloco *seize* é usado para ligar a secadora, o bloco *process* acende o fogo da máquina e também ocupa o funcionário da secagem e depois o libera, o outro bloco *process* é usado para carregar a secadora, o bloco *delay* é usado para representar a secagem as roupas, em seguida o bloco *process* representa o descarregamento da secadora pelo funcionário do setor, o bloco *release* libera a secadora e por fim, o bloco *separate* separa as peças (desfaz o *batch*) para a próxima etapa, que é a de passagem. Essa etapa pode ser vista na Figura 9.

Figura 9: Parte que representa a secagem na máquina de secar 01 do modelo no ARENA

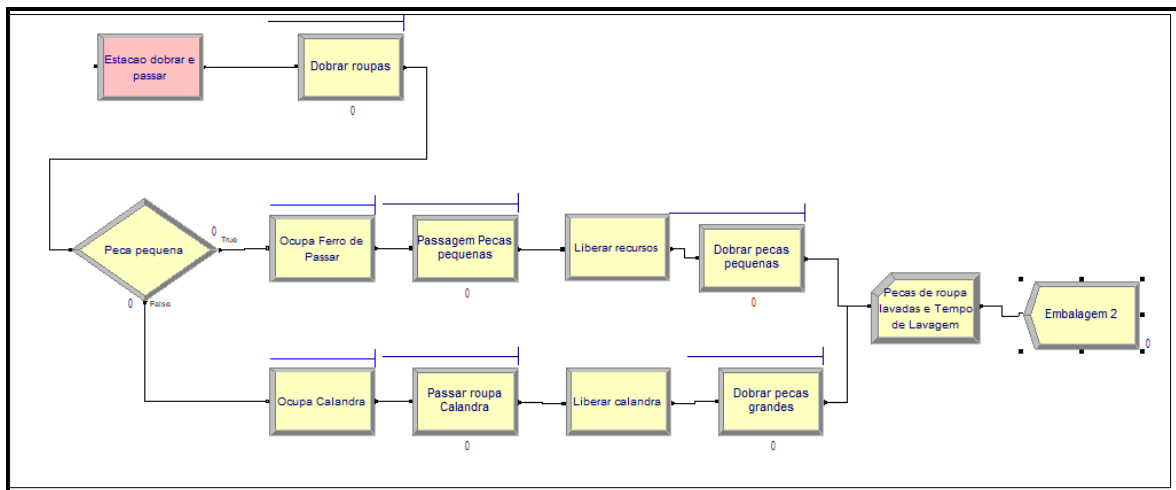


FONTE: O autor

Nessa etapa, há a dobra de peças, representada pelo bloco *process*, onde há a ocupação do recurso funcionário da dobragem e sua posterior liberação após o término da atividade. Em

seguida, há um bloco *decide* para encaminhar as peças pequenas para o ferro de passar e as peças grandes para a calandra (considerou-se aqui que 20% das peças eram encaminhadas para o ferro de passar e o restante era encaminhado para a calandra). Em cada um desses caminhos, há um bloco *seize* para ocupar o equipamento de passar, o bloco *process* para passar as peças e ocupar o funcionário da passagem, o bloco *release* para liberar os recursos e o bloco *process* para dobrar as peças. Por fim, um bloco *record* é colocado para coletar as estatísticas do modelo, como o número de peças lavadas e tempo de lavagem e assim, o modelo é finalizado no bloco *dispose*, que representa o encaminhamento das peças de roupa para o setor de embalagem das peças. Esse processo é apresentado na Figura 10.

Figura 10: Parte que representa a passagem de roupas do modelo no ARENA



FONTE: O autor

Seguindo as fases propostas por Andrade (2002), as outras duas etapas são modeladas no software Arena® e através da coleta de dados, como tempo, recursos humanos e maquinário, os quais são inseridos no modelo a ser simulado, será possível aproximar-se da realidade ao realizar a simulação.

A coleta de tempos dos processos foi feita por meio dos tempos médios estimados pelos funcionários devido a impossibilidade de coletar os tempos, em minutos, como segue na Tabela 1.

Com isso, pretende-se analisar a taxa de ocupação dos recursos, realizar o estudo de tempos e verificar possibilidades de melhoria do processo via simulação.

Tabela 1: Tempos estimados pelos funcionários

Processos	Tempos (minutos)
Carregamento da máquina de lavar	3
Funcionamento da máquina de lavar	45
Descarregamento da máquina de lavar	5
Acender fogo da secadora	1
Carregar secadora	5
Secagem de roupas	15
Descarregar secadora	5
Dobrar roupas	13
Passar peças pequenas – Ferro de passar	1
Dobrar peças pequenas	25
Passar peças grandes - Calandra	4
Dobrar peças grandes	20

FONTE: O autor

5 Simulação e Resultados

5.1 Cenários simulados

Em cada um dos cenários gerados, considerou-se que a entidade corresponde a 5 Kg de roupa a ser lavada, devido ao fato de que as capacidades das máquinas de lavar e secar são diferentes, mas múltiplas de 5 e assim, as capacidades das máquinas poderiam ser trabalhadas com a junção de uma certa quantidade de roupas. Por exemplo, na máquina de lavar de 50Kg, era necessário juntar 10 entidades para se iniciar a lavagem nessa máquina. Foram feitas 10 replicações de 30 dias, considerando que o sistema opera 8 horas por dia, que é a carga horária de trabalho na lavanderia e foi considerado um tempo de aquecimento de 1 dia.

Foram criados seis cenários para fazer a simulação do processo da empresa estudada. O Cenário 1 é o cenário atual da empresa, considerando uma taxa de chegada de roupas de 167 Kg de roupa por dia (ou seja, 5Kg de roupa a cada 865 segundos). A partir das informações obtidas no Cenário 1, gerou-se os demais Cenários. A Tabela 2 apresenta as informações sobre cada um dos Cenários analisados. Nos Cenários 3 a 6, procurou-se reduzir o intervalo entre chegadas das roupas para representar os meses aonde há um pico na demanda de lavagem de roupas.

Na Tabela 2, o Intervalo entre chegadas (em segundos) representa o tempo entre chegadas das peças na lavanderia, o número de máquinas de lavar representa a quantidade de máquinas de lavar, Máquinas de secar representa as máquinas a serem usadas (MS 01 ou MS 02), Número de Calandras mostra a quantidade de calandras usadas e Número de Funcionários da calandra mostra o número de funcionários alocados para a passagem de roupas na calandra.

A partir destes parâmetros, os 6 Cenários foram simulados e os resultados, os quais serão analisados em seguida, estão nas tabelas seguintes.

Tabela 2: Dados dos Cenários simulados

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Intervalo entre chegadas (em segundos)	865	865	540	540	480	480
Número de máquinas de lavar	3	3	3	3	3	3
Máquinas de secar usadas	MS 01 MS 02	MS 01	MS 01 MS 02	MS 01	MS 01 MS 02	MS 01
Número de Calandras	2	2	2	2	3	3
Número de Funcionários da calandra	2	2	2	2	3	3

FONTE: O autor

5.2 Resultados

Ao finalizar a simulação, o Arena® gerou os relatórios apresentados nas Tabelas 3 a 6, e com isso, algumas análises podem ser feitas. A Tabela 3 apresenta a quantidade de roupas lavadas (em Kg) e o tempo médio de lavagem (para um conjunto de 5 Kg de roupa – em minutos). Já a Tabela 4 apresenta a taxa de ocupação dos recursos. As Tabelas 5 e 6 apresentam o tamanho médio e o tempo médio de espera na fila (em minutos), respectivamente.

Nos Cenários 1 e 2, que representam o período normal da lavanderia, os intervalos de chegada são iguais, assim como o número de máquinas de lavar, número de calandras e número de funcionários na calandra. A diferença é que o Cenário 1, são utilizadas as duas máquinas de secar e no Cenário 2, apenas a máquina de secar MS 01 é utilizada, pois devido às taxas de utilização obtidas para o Cenário 1, percebe-se que apenas uma máquina de secar é suficiente. Com isso, ao analisar a Tabela 3 tem-se que no Cenário 1 a quantidade de peças

lavadas é 0,71% maior e o tempo de lavagem é 0,12% menor que no Cenário 2. Na Tabela 4, do Cenário 1 para o 2, percebe-se que houve uma redução pouco significativa da taxa de ocupação dos recursos, como a redução de 2% na taxa de ocupação do funcionário da secagem. Há uma redução pequena também no tamanho médio das filas, de acordo com a Tabela 5. De acordo com a Tabela 6, os tempos médios de espera também reduziram, exceto o tempo médio de espera para ligar a secadora S01, que é maior no Cenário 2. Como a taxa de utilização da máquina de lavar 3 é igual a zero, se torna necessário utilizar apenas uma máquina de lavar.

Tabela 3: Quantidade de roupa e tempo médio de lavagem em cada Cenário simulado

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Quantidade de Roupa Lavada (Kg)	4.180	4.150,5	6.362,50	6.363,50	7.499	7.501
Tempo de Lavagem Médio (min)	8.407,17	8.417,19	8.408,23	8.409,23	8.380,76	8.408,58

FONTE: O autor

Nos Cenários 3 e 4, os intervalos de chegadas são iguais, bem como o número de máquinas de lavar, número de calandras e número de funcionários na calandra. O que muda é que o Cenário 3 utiliza as duas máquinas de secar e no Cenário 4, apenas a máquina de secar MS 01 é utilizada. Ao analisar a Tabela 3, observa-se que aumentou-se em 0,01% o tempo médio de lavagem e em 0,02% a quantidade de peças lavadas. As taxas de ocupação se mantiveram similares, de acordo com a Tabela 4, mas ao se comparar com os Cenários 1 e 2 há um aumento na taxa de ocupação da calandra e do funcionário da calandra, que passa a ser 100%, e o ideal é que fosse no máximo 90% para que 10% fosse reservado para limpezas e manutenções preventivas do equipamento. No tamanho médio das filas, há pouca variação, mas no tempo médio nas filas, ocorre um aumento significativo na ocupação da calandra.

Nos Cenários 5 e 6, em que aumenta-se mais uma calandra e um funcionário da calandra, mas mantém-se o mesmo padrão dos outros 4 Cenários: os dois Cenários tem intervalos de chegada iguais, mesmo número de máquinas de lavar e Cenário 5 com todas as máquinas

de secar e Cenário 6 sem a máquina de secar MS 02. Do Cenário 5 para o 6, o tempo de lavagem aumentou em 0,33% e a quantidade de peças lavadas aumentou em 0,03%, pela Tabela 3. As taxas de ocupação, observadas na Tabela 4, estão similares, assim como nos Cenários 1 e 2. O tamanho médio das filas não teve muita variação, visto na Tabela 5, e o tempo médio de espera nas filas, teve um aumento significativo justamente na passagem de roupas na calandra, conforme a Tabela 6.

Tabela 4: Taxa de ocupação dos recursos em cada Cenário simulado

Taxa de Ocupação dos Recursos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Calandra	48,43%	42,66%	100,00%	100,00%	23,86%	25,87%
Ferro Passar	15,42%	13,64%	27,50%	28,06%	33,05%	33,76%
Func Calandra	66,78%	66,29%	100,00%	100,00%	79,69%	79,70%
func Dob	45,50%	45,37%	72,38%	72,38%	81,25%	81,25%
Func Pas Peq	36,71%	36,50%	59,01%	59,04%	65,96%	66,03%
Func Secagem	14,02%	12,78%	22,42%	20,40%	25,21%	22,92%
Funcionario	8,31%	8,31%	21,38%	21,38%	30,00%	30,00%
ML 01	36,66%	36,66%	59,05%	59,05%	66,25%	66,25%
ML 02	18,37%	18,37%	47,26%	47,26%	66,25%	66,25%
ML 03	0,00%	0,00%	35,33%	35,33%	66,25%	66,25%
MS 01	28,60%	30,24%	45,69%	48,26%	51,25%	54,17%
MS 02	7,60%	0,00%	12,02%	0,00%	13,65%	0,00%

FONTE: O autor

Tabela 5: Tamanho médio das filas em cada Cenários simulado

Tamanho Médio nas Filas	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Acender fogo secagem MS 01	0	0	0,03916 66	0	0,004791 67	0
Acender fogo secagem MS 02	0,00225	-	0,03916 66	-	0,004166 67	-
Carregar secadora sec MS 01	0,01391 667	0	0,01808 33	0	0,020208 33	0
Carregar secadora sec MS 02	0,01125	-	0,01808 33	-	0,020833 33	-
Descarregar secadora MS 02	0,00233 333	-	0,02883 3	-	0,003208 33	-
Dobrar pecas grandes	0,2373	0,2181	0,4838	0,4572	0,1919	0,2082
Dobrar roupas	1,5849	1,2737	2,8321	2,1333	3,2445	2,275
Ligar secadora 01	0,0924	0,1213	0,1488	0,1944	0,1667	0,2167
Ocupa Calandra	0,5459	0,2999	43,2829	44,4645	0,003233 33	0,006875
Ocupa Ferro de Passar	0,05666 319	0,043181 94	0,1495	0,1473	0,2236	0,2162
Passagem Pecas pequenas	0,1401	0,1224	0,2523	0,2579	0,3051	0,3122
Passar roupa Calandra	0,7457	0,6319	1,6666	1,6665	0,3175	0,3776

FONTE: O autor

Tabela 6: Tempos médios (em minutos) de espera nas filas em cada Cenário simulado

Tempo Médio de Espera nas Filas (minutos)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Acender fogo secagem MS 01	0	0	0,2338	0	0,2556	0
Acender fogo secagem MS 02	1	-	1	-	1	-
Carregar secadora sec MS 01	1,336	0	1,0796	0	1,0778	0
Carregar secadora sec MS 02	5	-	5	-	5	-
Descarregar secadora MS 02	1	-	0,7864	-	0,77	-
Dobrar pecas grandes	4,2566	3,9409	5,8062	5,4878	1,9242	2,0883
Dobrar roupas	22,6417	18,1504	25,4620	19,1856	25,9559	18,2
Ligar secadora 01	8,96	10,4748	8,8856	10,3767	8,8889	10,4
Ocupa Calandra	9,7552	5,3733	488,530 0	501,93	0,032387 72	0,069408 14
Ocupa Ferro de Passar	3,9186	2,9803	6,3836	6,3357	8,5948	8,3087
Passagem Pecas pequenas	9,8149	8,5903	11,0170	11,2591	11,9329	12,2321
Passar roupa Calandra	13,3572	11,3924	19,9999	19,9975	3,1836	3,7869

FONTE: O autor

6 Conclusão

Neste trabalho, apresentou-se a simulação como ferramenta para analisar e propor melhorias para o desempenho de uma lavanderia, para as peças oriundas de clientes do setor comercial da região de Ouro Preto. Apresenta-se o contexto que a lavanderia se encontra e a partir disso, são apresentados os passos para a realização desta simulação por meio do software de simulação Arena®. A lavanderia possui 3 máquinas industriais de lavar, com capacidades diferentes, além de possuir duas secadoras, também com capacidades diferentes, dois ferros de passar e duas calandras.

Ao passar por todos os cenários simulados, ao considerar o foco da lavanderia, que é entregar mais peças prontas numa menor quantidade de tempo, considerando o período normal da lavanderia, o Cenário 2 pode trazer mais economia, visto que a quantidade de peças lavadas ainda é maior, mesmo retirando uma secadora. Nos outros cenários, que representam períodos de alta demanda na lavanderia, observa-se também que a retirada de uma das secadoras não aumenta o tempo total, e ao colocar mais um funcionário e mais uma calandra nos Cenários 5 e 6, a taxa de ocupação de ambos diminui, então pode ser que valha a pena retirar a secadora e substituí-la por uma calandra, ou seja, considerar o Cenário 6. Essa troca pode ter seus resultados potencializados quando houver o aumento de peças, visto que as taxas de ocupação destes equipamentos nos Cenários 5 e 6 estão estáveis. Cabe à lavanderia analisar se há a possibilidade de realizar a troca, sem custo adicional ou se o investimento seria viável para o momento.

Para trabalhos futuros, seria interessante realizar a coleta de dados de cada etapa do processo nos períodos de picos e nos períodos normais separadamente, para que a simulação possa aproximar ainda mais do sistema real e as conclusões e decisões sejam mais assertivas.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução à Pesquisa Operacional – Métodos e Modelos para Análise de Decisões. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

ANEL. Associação Nacional das Empresas de Lavanderia. Disponível em <anel.com.br/setor>. Acesso em junho/ 2017.

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. 1996. Discrete-event system simulation. New Jersey: Prentice Hall.

BANKS, J. 1998. Handbook of Simulation. [S.d.] Wiley-Interscience Publication.

BATEMAN, R., BOWDEN, R., GOGG, T.J., HARRELL, C. R., MOTT, J. R. A., MONTEVECHI, J. A. B. Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. Elsevier, Rio de Janeiro-RJ, 2013.

CHUNG, C. A. Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach. CRC Press, Taylor and Francis Group, 2004.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações. 4. ed., Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2015.

FREITAS FILHO, Paulo José de. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena. 2 ed rev e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GANGA, G.M.D. Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma. São Paulo: Atlas, 2012.

GOMES JÚNIOR, A. C., CARVALHO, K. R. T., MOREIRA, N. S., S. (2017) Utilização da Simulação para a melhoria do Processo de Lavagem de roupas na lavanderia de um Hospital da Região do Vale do Aço. In Anais do XLIX SBPO, p. 3279 a 3290, Blumenau-SC. SOBRAPO

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

LAW, A.M.; KELTON, W.D. Simulation Modeling and Analysis, second ed. McGraw-Hill, New York, 1991.

PARAGON DECISION SCIENCE. Arena. Disponível em < paragon.com.br/software/arena >. Acesso em agosto/ 2017.

SEBRAE. Estratégia de mercado: As oportunidades e o mercado para as lavanderias. Disponível em < sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/as-oportunidades-e-o-mercado-para-as-lavanderias >. Acesso em junho/ 2017.

SIEBERS, P. O.; MACAL. C. M.; GARNETT, J.; BUXTON, D.; PIDD, M. Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation. Journal of Simulation, 4(3):204-210, 2010.

SILVEIRA, D.T.; GERHARDT, D.T. Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.