

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção

**Simulação de Processos como Auxílio ao Planejamento Estratégico e Apoio nas
Tomadas de Decisões**

Tales Silva Costa

João Monlevade
Julho, 2016

Tales Silva Costa

**SIMULAÇÃO DE PROCESSOS COMO AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO
ESTRATÉGICO E APOIO NAS TOMADAS DE DECISÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Ouro Preto, como exigência
parcial para a obtenção do grau de Bacharelado em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Xavier Martins

JOÃO MONLEVADE

Julho, 2016

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado "SIMULAÇÃO DE PROCESSOS COMO AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E APOIO NAS TOMADAS DE DECISÕES" é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 01 de 08 de 2016


TALES SILVA COSTA

ATA DE DEFESA

Aos 29 dias do mês de julho de 2016, às 13:30 horas, na sala E202 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo aluno **Tales Silva Costa**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Dra. Mônica do Amaral e Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva. O aluno apresentou o trabalho intitulado "SIMULAÇÃO DE PROCESSOS COMO AUXILIO AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E APOIO NAS TOMADAS DE DECISÕES". A comissão examinadora deliberou, pela:


- Aprovação
- Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: _____
- Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____
- Reprovação

do (a) aluno (a), com a nota **9,0 (nove vírgula zero)**. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo (a) aluno (a).

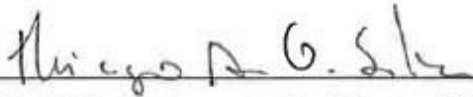
João Monlevade, 29 de julho de 2016.




Dr. Alexandre Xavier Martins
Professor Orientador



Dr. Mônica do Amaral
Professora Convidada



Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva
Professor Convidado



Tales Silva Costa
Discente

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ronaldo e Maria Helena, pelos ensinamentos, dedicação, por serem meus exemplos de vida e sempre terem confiado na minha capacidade.

Aos meus irmãos, Sávio e Myrna, por nunca terem me abandonado nos momentos difíceis e sempre terem me apoiado em minhas decisões.

Também agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Ouro Preto, campus João Monlevade/MG que contribuíram para realização deste trabalho, em especial para o Prof. Dr. Alexandre Xavier Martins, que sempre me incentivou nos meus estudos, projetos, monografia e acreditou no meu potencial.

A minha amiga, companheira e namorada Mariana e sua família, que foram meu apoio e cúmplices em muitos momentos difíceis.

Aos verdadeiros amigos, pelo incentivo e companheirismo durante todo o período de desenvolvimento desta monografia.

E aos meus irmãos que a vida me proporcionou da família República AbateD´ouro, pelo companheirismo nos dias e noites de estudos e por todos os desafios que enfrentamos juntos, não há palavras para expressar minha eterna gratidão por todos vocês.

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade apresentar uma simulação feita numa empresa terceirizada, responsável pela movimentação interna e gestão de estoque de uma siderúrgica de grande porte. Esta simulação auxiliaria na estimativa da quantidade de efetivo e maquinário que a terceirizada necessitaria investir no ano de 2015, após a inauguração de um terceiro terminal de produção por parte da contratante. O problema de planejamento de investimento está presente em muitas prestadoras de serviços, pela falta de informação e comunicação entre as empresas. Esta monografia tem como objetivo demonstrar 3 cenários de simulações de processos diferentes, que mudam de acordo com o projeto de investimento de logística interna da usina. Para este projeto, usou-se um *software* de simulação, como ferramenta para o desenvolvimento dos cenários. Além disso, foram implementadas todas as informações cedidas pela usina, referentes ao volume de produção que o novo terminal teria para cada mês do ano de 2015. Os resultados foram satisfatórios, porém sabe-se que possui muitas oportunidades de melhorias, com intuito de gerar resultados mais precisos e expandir a simulação para outras áreas que também fazem parte do processo.

Palavras-Chave: Simulação de processos, gestão de estoque, cenários, siderúrgica e terceirizada.

ABSTRACT

This study intent to introduce a simulation made on an outsourced company responsible for the internal handling and inventory management of a large steel mill. This simulation would help to estimate the amount of effective and machinery that the outsourced company would need to invest in 2015, after the opening of a third terminal of output by the contractor. The investment-planning problem is present in many service providers, by the lack of information and communication among the companies. This study evince three different processes simulations with scenarios that change according to the internal logistics investment project of the plant. For this project were used a simulation software as a tool for the development of scenarios. Additionally, it was implemented all the information provided by the factory, referring to production volume that the new terminal should had for each month of the year of 2015. The results were satisfactory, however it is know that possesses many opportunities of improvement, in order to generate results that are more precise and extend the simulation into other areas, which are also part of the process.

Keywords: Processes simulations, inventory management, scenarios, steel mill and outsourced company.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Simulação de toda área de estocagem.	11
Figura 2: Fases de uma pesquisa apoiada em modelagem e simulação.	17
Figura 3: Proposta 1 (empilhadeiras).....	20
Figura 4: Proposta 2 (Intermediária).....	21
Figura 5: Proposta 3 (Contínua).	22
Figura 6: Áreas e caminhos da simulação.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das medições, tomadas de tempo e cálculos de produtividade. .	24
Tabela 2: Evolução da produtividade no TL1 para 2015.....	25
Tabela 3: Evolução da produtividade no TL3 para 2015.....	25
Tabela 4: Pontos negativos e positivos da proposta 1 (empilhadeiras).	27
Tabela 5: Pontos negativos e positivos da proposta 2 (intermediária).	29
Tabela 6: Pontos negativos e positivos da proposta 3 (contínua).	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Contextualização do Problema	10
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	12
1.3. Justificativas	13
1.4 Estrutura do Trabalho	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Simulação de Processos	14
2.2 Linhas de Produção.....	15
2.3 Gestão de estoques.....	16
3. METODOLOGIA.....	17
4. DESENVOLVIMENTO.....	19
4.1 Descrição da situação atual.....	19
4.2 Descrição da situação futura	19
4.2.1 <i>Cenário 1</i>	20
4.2.2 <i>Cenário 2</i>	21
4.2.3 <i>Cenário 3</i>	22
4.3 Cálculos e Condições das Simulações	23
5. RESULTADOS	27
5.1 Resultado proposta 1.....	27
5.2 Resultado proposta 2.....	28
5.3 Resultado proposta 3.....	30
6. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

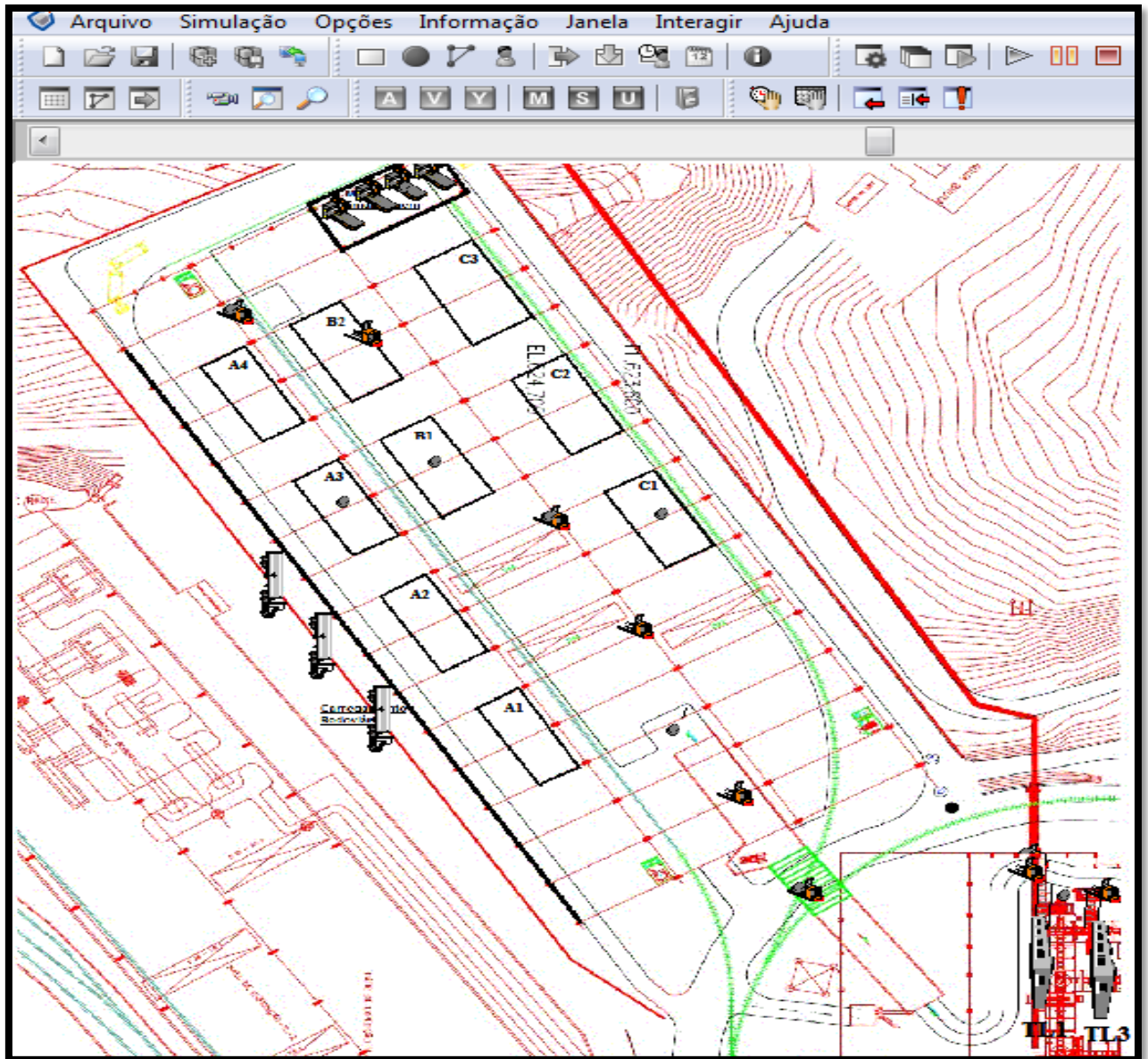
O presente trabalho mostra uma simulação de processos realizada por uma empresa terceirizada responsável pela logística interna e gestão de estoque de uma grande usina de aço no interior de Minas Gerais. As simulações foram realizadas devido à inauguração de um terceiro terminal laminador na usina, com isso o volume de fio-máquina produzido de 2014 para 2015 tinha previsão de aumentar consideravelmente, e conseqüentemente, a demanda de movimentação interna e gestão de estoques também cresceriam.

Com este aumento na produção de fio-máquina, a empresa terceirizada iria necessitar investir uma quantia significativa de recursos em contratação de efetivo e compra de maquinário (empilhadeiras), para conseguir continuar realizando seu trabalho na usina, sem prejudicar a qualidade do serviço prestado.

Também foi apresentada juntamente com as simulações de efetivo e maquinário, uma proposta de investimento em tecnologia, para substituir a compra de empilhadeiras que a terceirizada iria precisar investir, por uma ponte rolante, que realizaria o mesmo trabalho das máquinas, porém com uma dinâmica e benefícios completamente diferentes.

Na Figura 1 estão algumas das atividades realizadas pela terceirizada em uma simulação feita em toda área de estocagem, mostrando a movimentação das empilhadeiras desde a saída do fio-máquina nos laminadores, até as atividades de estocagem, embalagem e carregamento (ferroviário e rodoviário).

Figura 1: Simulação de toda área de estocagem.



Fonte: Autor.

Na Figura 1 temos 8 empilhadeiras envolvidas no processo, 3 caminhões para serem carregados, 4 máquinas na embalagem, 2 laminadores (TL1 e TL3) e 9 áreas de estocagem (A1, A2, A3, A4, B1, B2, C1, C2 e C3).

1.2 Objetivos

São apresentados, a seguir, os objetivos gerais e específicos desse trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral evidenciar a importância da gestão de estoque e simulação de eventos discretos para uma organização e também demonstrar uma modelagem feita numa empresa prestadora de serviços. O objetivo é fazer uma simulação da produtividade e movimentação das empilhadeiras, que servisse como parâmetro, para saber a quantidade de funcionários e maquinário que a terceirizada iria precisar contratar e investir respectivamente, quando a empresa contratante inaugurar seu terceiro terminal de produção e também planejar a gestão de estoque com o aumento da produção.

1.2.2 Objetivos Específicos

Mais especificamente, o trabalho possui os seguintes objetivos:

- a) Explicar o problema real da empresa;
- b) Pesquisar modelos relacionados na literatura;
- c) Detalhar as especificidades da empresa;
- d) Construir um modelo de simulação que representa a realidade atual da empresa;
- e) Citar os problemas encontrados durante o processo;
- f) Demonstrar os resultados alcançados com o desenvolvimento da modelagem;
- g) Modelar situações futuras que auxiliem na resposta do objetivo geral.

1.3. Justificativas

A gestão de estoque é uma atividade chave dentro da empresa, ela é a base e o alicerce da organização; quando não há controle do fluxo de produtos na empresa, perde-se o valor agregado ao atendimento, a empresa fica sujeita a ações ilícitas de funcionários, fica viável a armazenagem de produtos inutilizados gerando gastos desnecessários a companhia.

O principal objetivo do controle de estoque é otimizar o atendimento da empresa, gerar lucros para a mesma e evitar com que o cliente procure um concorrente pela falta do produto desejado. Por isso muitas empresas optam por terceirizar este serviço de gestão de estoque, considerando que uma empresa especializada irá conseguir desenvolver melhor este trabalho, agregando maior valor ao seu produto.

Uma empresa prestadora de serviços tem muita dificuldade em fazer um planejamento orçamentário de contratação e investimentos. Porque todo o seu potencial de trabalho, depende das ações e planejamentos feitos pela empresa contratante. Ela não possui autonomia para saber qual o efetivo e maquinário ela precisará ter no futuro, caso a empresa matriz não repasse para ela as informações necessárias da produção.

Contudo, em parceria com as informações cedidas pela empresa contratante e os dados aferidos durante o processo de modelagem, foi possível auxiliar a terceirizada a fazer uma previsão da quantidade de funcionários e maquinários que ela precisaria investir, quando fosse inaugurado o terceiro terminal de produção. Para isso, foram realizadas simulações de acordo com as informações de demanda e necessidade que a empresa contratante fornecia, com intuito de a terceirizada saber a quantidade de funcionários e maquinários ela precisaria investir no próximo ano.

É importante ressaltar a importância do planejamento e previsão de investimentos dentro de uma empresa, e também o uso da simulação como apoio na tomada de decisões para que ela possa preparar sua área financeira, de acordo com os investimentos necessários, e não seja prejudicada sua produtividade em razão da demanda do mercado.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco partes. A primeira parte contém a introdução - onde é apresentado o contexto do problema estudado - os objetivos e a relevância do trabalho.

A segunda parte corresponde à revisão da literatura e a metodologia, nestes tópicos os assuntos referentes ao estudo e aos métodos utilizados para a realização do mesmo é apresentada.

A terceira parte trata do modelo em si, da descrição do cenário real e dos cenários simulados com algumas informações e considerações.

A quarta parte se refere aos resultados obtidos com a simulação e as conclusões que foram feitas em torno do trabalho.

A quinta parte são as referências que apresentam o embasamento teórico da pesquisa exploratória.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Simulação de Processos

Em meio as definições encontradas na literatura para o termo simulação, Chwif e Medina (2007) citam que ela tem como objetivo imitar o funcionamento de um processo usando outro funcionamento e que um modelo de simulação é uma abstração da realidade, que se aproxima do comportamento real do sistema, mas sempre mais simples do que o verdadeiro sistema. Portanto, este trabalho visou utilizar técnicas de simulação para modelar a dinâmica de serviço da empresa terceirizada, juntamente com a contratante, para proporcionar resultados que servissem de apoio para um planejamento financeiro.

Para Pinho et al. (2009) a utilização da modelagem é importante para embasar a tomada de decisão. Identificar o número de variáveis a serem fixadas no modelo e definir qual o nível de vigor e complexidade que o modelo necessita ter, são questionamentos no qual as respostas não são simples. Assim, o uso de modelos torna-se essencial para testar alternativas

e tomar a decisão mais precisa. Para que os modelos possibilitem a tomada de decisão é necessário que a etapa da modelagem seja executada da melhor forma possível.

Segundo Santos et. al (2002) a modelagem de processo tem diversas utilidades, tais como: projeto de sistemas de informação, análises organizacionais e melhoria de processos, redesenho de processos, apoio a sistemas integrados de gestão, identificação, seleção e monitoração de indicadores de desempenho, gerência do conhecimento, *workflow* e gerência de documentos, *benchmarking*, organização de documentação técnica, integração organizacional através da padronização de entendimentos sobre a forma de trabalho, modelos de negócios eletrônicos e cadeia de suprimentos.

Segundo Shannon (1975 *apud* CHWIF, 1999) o termo simulação pode ser entendido basicamente como o procedimento de criação computacional a partir de um sistema real de serviço, com o intuito de entender o processo que está sendo trabalhado e identificar possíveis melhorias dentro do sistema.

2.2 Linhas de Produção

As linhas de produção são consideradas como o conjunto de operações de forma seriada, a fim de que o produto percorra todas as etapas do processo, por meio de um fluxo sistemático (BECKER; SCHOLL, 2006; SCHOLL et al., 2010; BOYSEN et al., 2007). Segundo Scholl et al. (2006) as linhas de montagem são sistemas de produção de fluxo orientado, que são características da produção industrial de produtos padronizados. As linhas de produção normalmente contam com o auxílio de dispositivos, em geral esteiras ou correias, frequentemente utilizadas pelas organizações que possuem grande volume produtivo, com o objetivo de movimentar os produtos entre os processos, tornando a produção organizada, ágil e confiável. Ainda de acordo com Scholl et al. (2006), uma linha de montagem consiste em estações de trabalho dispostas ao longo de uma correia transportadora, ou algum equipamento similar, onde as peças são movidas entre as estações que possuem operações realizadas repetidamente e levam um determinado tempo.

Confere-se que as linhas produtivas necessitam ser configuradas de modo a atender as necessidades de processamento do produto ou serviço a que se disponham, admitindo um fluxo claro e ininterrupto do mesmo. A dinâmica continuada do produto ou serviço é plausível

em produtos padronizados, nos quais os mesmos procedimentos de trabalho são aplicados para um grande volume de produtos.

2.3 Gestão de estoques

A estocagem de produtos prevendo seu uso futuro necessita de investimento da organização. O modo ideal seria a perfeita sincronização entre oferta e demanda, tornando-se desnecessário a manutenção de estoques (BALLOU, 1993). Ainda de acordo com Ballou (1993), esta previsão exata é impossível, por causa das dificuldades em determinar exatamente a demanda futura e a incerteza sobre a disponibilidade dos suprimentos, sendo assim surge a necessidade de conservar estoques que garantam a disponibilidade de produtos e diminuam os custos totais de produção e distribuição.

Segundo Wanke (2008), a gestão de estoques para o gerenciamento da cadeia de suprimentos e a logística tem se tornado cada vez mais claro nos meios acadêmico e empresarial. Os estoques, de acordo com Ballou (1993), possuem os seguintes objetivos:

- a) Melhorar a qualidade do serviço;
- b) Estimular economias na produção;
- c) Proporcionar economias de escala nas compras e no transporte;
- d) Defesa contra aumento de preços;
- e) Proteger a organização das incertezas na demanda e no tempo de ressuprimento;
- f) Serve como apoio contra contingências.

Ainda para Wanke (2008), as principais decisões num modelo de estoques dividem-se em dois grupos diferentes, porém intensamente interligados ao longo do tempo: decisões de reposição e alocação. As decisões de reposição estão ligadas a quanto e quando pedir. Já as decisões de alocação são referentes à localização dos estoques na cadeia de suprimentos.

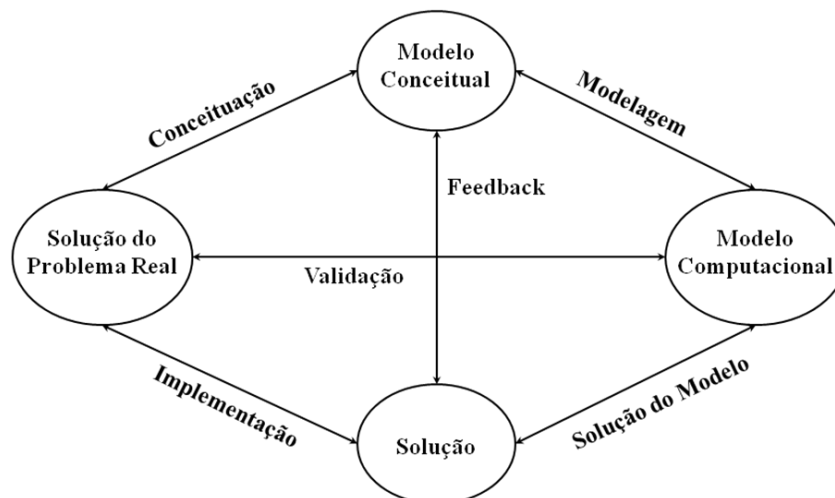
3. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada é a modelagem e simulação, em que são utilizados modelos para melhorar a compreensão do ambiente que está sendo realizado o trabalho. Eles devem ser satisfatoriamente detalhados e do mesmo modo simplificados, para simular o sistema real e ser tratável por técnicas de análise e soluções conhecidas. São realizados em linguagem matemática e computacional que podem ser calculados por meio de métodos analíticos ou experimentais (MORABITO; PUREZA, 2012).

Ainda de acordo com Morabito e Pureza (2012), a pesquisa aqui realizada pode ser classificada como sendo uma pesquisa empírica normativa. Em uma pesquisa empírica, é primordial se garantir que as observações e as ações do sistema real e o modelo elaborado para representa-lo estejam conectados. Precisando assim, testar em processos reais a validade de modelos científicos obtidos em pesquisas teóricas, ou seja, teoria e prática devem estar alinhadas. Consideramos assim essa pesquisa, porque como conclusão deverá fornecer resultados que serviram de apoio para o desenvolvimento de estratégias, políticas e ações que melhorem a situação atual do sistema estudado.

Segundo Bertrand e Fransoo (2002), o protocolo de pesquisa que descreve as fases de desenvolvimento de uma pesquisa sustentada em modelagem e simulação, além das principais interações entre elas, pode ser resumido pela Figura 2.

Figura 2: Fases de uma pesquisa apoiada em modelagem e simulação.



Fonte: Mitroff et al. (1974) apud Bertrand e Fransoo (2002).

Quando se trata de uma pesquisa empírica, o problema pode ser desenvolvido seguindo as seguintes etapas (MORABITO; PUREZA, 2012):

- a) **Conceituação do sistema:** Além da definição do modelo, nessa etapa é necessário identificar premissas do sistema real que se encaixam a uma área de pesquisa ou modelo conceitual descrito na literatura científica.
- b) **Modelagem do sistema:** São empregadas as informações coletadas na primeira fase, para a construção e avaliação do modelo matemático do problema. Também é comum nessa fase a realização de análise e experimentos preliminares, com o objetivo de verificar e validar o modelo ao sistema real.
- c) **Validação do sistema:** É a fase em que acontece a experimentação do modelo. São realizados testes computacionais com os dados reais, além do estudo de possíveis cenários. Nos cenários alternativos, alguns parâmetros podem ser variados, a fim de se avaliar efeitos relacionados à análise de sensibilidade ou a mudanças de processos ou políticas de gestão do sistema real.
- d) **Implementação do sistema:** Consiste na implementação dos resultados obtidos na fase de validação do sistema real estudado, para que seja possível tomar decisões a partir da eficácia dos resultados obtidos. A implementação pode ocorrer em etapas, isto é, um subsistema piloto é selecionado para a fase de implementação, e assim que seus resultados sejam aceitáveis, a pesquisa é implementada em todo o processo.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Descrição da situação atual

Atualmente a usina possui 2 laminadores (TL1 e TL2) em atividade, o terceiro laminador irá atuar na mesma área do TL1, por isso apenas este foi levado em consideração na simulação, pois o TL2 possui atividades independentes (estoque, embalagem e carregamento) dentro da usina.

O processo de produção, movimentação, estocagem e carregamento do TL1 é realizado de acordo com as seguintes informações:

- a) O laminador (TL1) para quando a esteira contém 12 fios-máquinas.
- b) Cada Fio-máquina pesa aproximadamente 2,2 toneladas.
- c) A movimentação interna do TL1 é realizada atualmente utilizando 8 empilhadeiras e possui um efetivo total de 57 colaboradores por turno da terceirizada;
- d) Velocidade das empilhadeiras até chegar na rampa é de 13 km/h e na rampa de 3 km/h;
- e) Cada empilhadeira carrega 2 Fios-máquinas por vez.
- f) A cada 1,54 minutos chega um fio-máquina do TL1 na esteira, pronto para ser estocado;
- g) A distância da saída do laminador 1 até a entrada da rampa é de 131 metros, mais 83,5 metros até chegar na saída da rampa.
- h) Há 3 turnos, porém, a produção e operação continuam constantes 24 horas/dia.

4.2 Descrição da situação futura

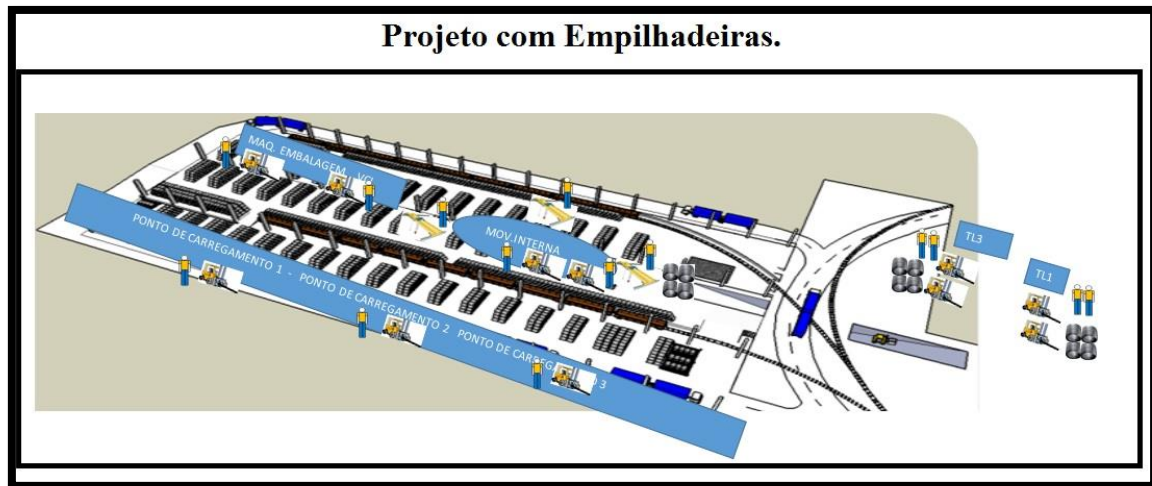
Estes projetos consistiam em 3 propostas de cenários diferentes, para que a empresa terceirizada responsável pelo serviço de movimentação dos produtos, pudesse planejar os investimentos com o efetivo que ela precisaria contratar e a quantidade de empilhadeiras que

ela precisaria comprar, após a expansão de produção da contratante. Esses cenários serão descritos a seguir.

4.2.1 Cenário 1

A primeira proposta consistia em a movimentação da saída dos terminais de produção, passando pelo túnel até chegar ao pátio de estocagem, ser feita utilizando apenas empilhadeiras. A dinâmica dessa primeira proposta seria exatamente a que está sendo usada atualmente pela usina, apenas a produção que aumentaria, devido a inauguração do laminador 3 que conseqüentemente obrigaria a prestadora de serviço a investir na compra de empilhadeiras e contratação de efetivo. A Figura 3 ilustra este primeiro cenário.

Figura 3: Proposta 1 (empilhadeiras).



Fonte: Autor.

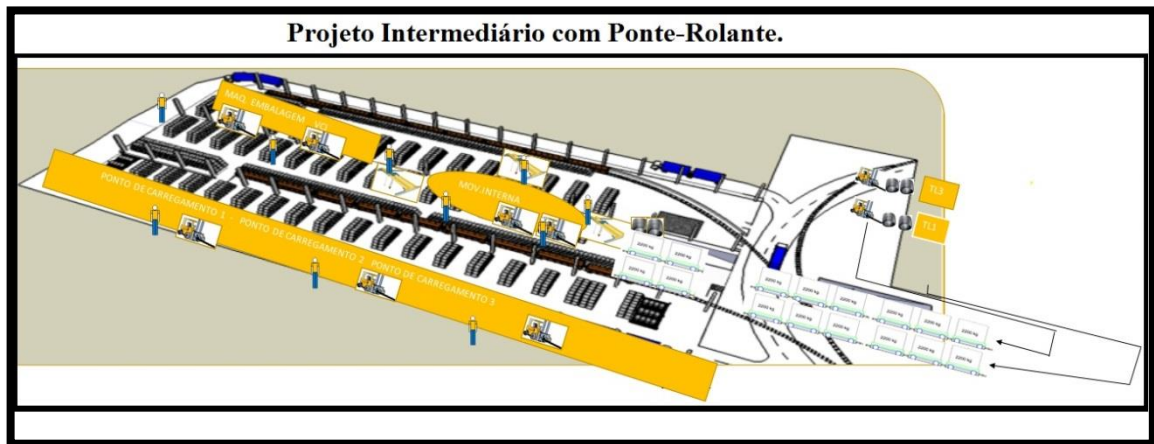
As informações que adicionamos no cenário 1 que influenciariam na simulação e a diferenciaria da dinâmica atual do serviço são:

- A terceirizada precisaria investir na compra de 10 empilhadeiras e contratar mais 69 funcionários por turno, além dos 57 por turno já existentes . .
- A distância da saída do laminador 3 até a entrada da rampa é de 137 metros, mais 83,5 metros até chegar na saída da rampa.

4.2.2 Cenário 2

A segunda proposta consistia na movimentação da saída dos terminais de produção (TL1 e TL3) até a entrada do túnel ser realizada por empilhadeiras, e, a partir da entrada do túnel até o pátio de estocagem, ser feita por uma ponte rolante. A Figura 4 ilustra este cenário.

Figura 4: Proposta 2 (Intermediária)



Fonte: Autor.

As informações do cenário 2 que influenciariam na simulação e a diferenciaria das outras são:

- A terceirizada precisaria investir na compra de 7 empilhadeiras e contratar mais 60 funcionários por turno, além dos 57 por turno já existentes .
- As esteiras têm velocidade média de 0,5m/s, podendo transportar até 600 fio-máquina/hora;
- A empilhadeira demora 5 segundos para pegar a bobina no laminador e 5 segundos para colocá-la na esteira;
- As empilhadeiras levariam os fios-máquina apenas até a entrada do túnel, onde seria depositado na esteira, que levaria o produto até o pátio de estocagem. Da saída do túnel até as áreas de estocagem continuaria a ser realizado por empilhadeiras.

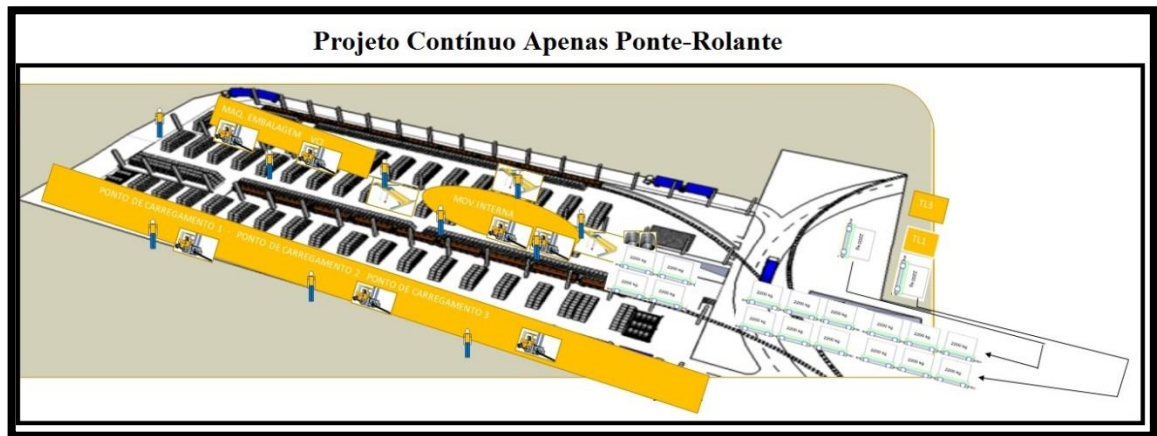
Esta proposta evitaria que as empilhadeiras tivessem que entrar no túnel para chegar até o pátio de estocagem, este serviço seria realizado pela esteira-rolante. Isto ajudaria na

produtividade, porque é autorizado entrar apenas 1 empilhadeira por vez no túnel, para garantir a segurança da atividade.

4.2.3 Cenário 3

A terceira proposta consistia na movimentação da saída dos terminais de produção, passando pelo túnel até chegar ao pátio de estocagem, ser feita utilizando apenas por uma ponte-rolante. A Figura 5 ilustra este cenário.

Figura 5: Proposta 3 (Contínua).



Fonte: Autor.

As informações do cenário 3 que influenciariam na simulação e a diferenciaria das outras são:

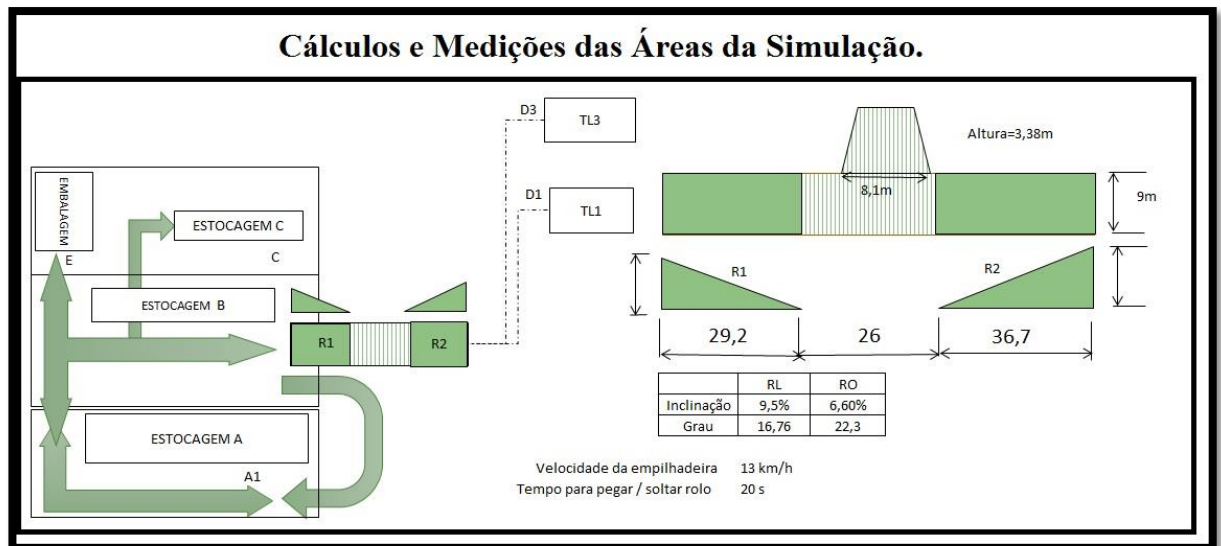
- Os laminadores (TL1 e TL3) não param, porque o fio-máquina sai do laminador direto para a esteira, que o leva até a saída da rampa;
- A terceirizada além de não precisar investir na compra de empilhadeiras nem na contratação de efetivo, também reduziria 5 empilhadeiras que já estão no processo de movimentação interna e manteria constante o quadro de efetivo.

A terceirizada conseguiria manter constante o quadro de funcionários, porque iria realizar uma realocação de atividades e funções para alguns colaboradores que teoricamente perderiam suas atividades (operadores de empilhadeiras e auxiliares de produção) em razão da implementação da esteira-rolante.

4.3 Cálculos e Condições das Simulações

Quando o trabalho começou a ser desenvolvido, começaram a ser realizados estudos de tempos, distâncias, grau de inclinação da rampa, produtividade, efetivo e maquinários necessários para que as simulações pudessem chegar o mais perto do possível do cenário real do serviço de movimentação da terceirizada, e produtividade da contratante. A Figura 6 mostra as áreas, caminhos e informações que as simulações precisariam levar em consideração.

Figura 6: Áreas e caminhos da simulação.



Fonte: Autor.

A área da simulação foi ilustrada da seguinte forma:

- a) TL1 e TL3 = Laminadores da usina;
- b) D1 e D3 = Caminhos percorridos das saídas dos laminadores até a entrada do túnel;
- c) R1 e R2 = Rampas do túnel;
- d) Estocagem A, B e C = Áreas de estocagem dos fio-máquinas;
- e) Embalagem = Local de embalagem de algumas bobinas, de acordo com a demanda do cliente.

Após serem definidas as áreas e rotas que as simulações iriam conter, foram feitas tomadas de tempo e distâncias para que estas informações pudessem ser incrementadas na simulação. A Tabela 1 (na página seguinte) nos mostra os resultados destes estudos.

Tabela 1: Resultados das medições, tomadas de tempo e cálculos de produtividade.

TEMPOS E MEDIÇÕES NAS ÁREAS DA SIMULAÇÃO				
	R1	R2	D1 -R2	D3 - R2
Distâncias (m)	29,20	36,70	127,60	141,30
Tempos médios (s)	41	30	01:06,32	00:56,33
Tempo 01 (s)			01:01,45	00:56,0
Tempo 02 (s)			01:06,70	00:56,0
Tempo 03 (s)			01:10,80	00:57,0

Fonte: Autor.

Primeiramente foram feitas as medições de cada caminho que a empilhadeira percorreria na simulação e depois foram feitas 3 tomadas de tempo (tempo 01,02 e 03) para fazermos a média do tempo gasto em cada caminho.

A empresa contratante forneceu o planejamento de produtividade em toneladas para cada mês de 2015, e a partir daí foram realizados cálculos de produtividade que se enquadrassem nas unidades de medidas usadas nas simulações. As Tabelas 2 e 3 (na página seguinte) nos mostram estes cálculos.

Tabela 2: Evolução da produtividade no TL1 para 2015

TL1	T/Mês	Rolos/ Mês	Rolos/ Dia	Rolos/ Hora	Rolos/ Minuto	Tempo para chegada de 1 rolo (min)
Janeiro	58.800	26.727	944	39,35	0,66	1,52
Fevereiro	54.500	24.773	875	36,47	0,61	1,65
Março	58.800	26.727	944	39,35	0,66	1,52
Abril	58.700	26.682	943	39,28	0,65	1,53
Maio	58.800	26.727	944	39,35	0,66	1,52
Junho	58.700	26.682	943	39,28	0,65	1,53
Julho	58.800	26.727	944	39,35	0,66	1,52
Agosto	58.900	26.773	946	39,42	0,66	1,52
Setembro	58.700	26.682	943	39,28	0,65	1,53
Outubro	58.800	26.727	944	39,35	0,66	1,52
Novembro	58.500	26.591	940	39,15	0,65	1,53
Dezembro	58.000	26.364	932	38,82	0,65	1,55

Fonte: Autor.

Tabela 3: Evolução da produtividade no TL3 para 2015.

TL3	T/Mês	Rolos/ Mês	Rolos/ Dia	Rolos/ Hora	Rolos/ Minuto	Tempo para chegada de 1 rolo (min)
Janeiro	2.000	909	32	1,34	0,02	44,83
Fevereiro	7.500	3.409	120	5,02	0,08	11,95
Março	7.500	3.409	120	5,02	0,08	11,95
Abril	10.000	4.545	161	6,69	0,11	8,97
Maio	15.000	6.818	241	10,04	0,17	5,98
Junho	20.000	9.091	321	13,38	0,22	4,48
Julho	30.000	13.636	482	20,08	0,33	2,99
Agosto	40.000	18.182	642	26,77	0,45	2,24
Setembro	55.000	25.000	883	36,81	0,61	1,63
Outubro	70.000	31.818	1.124	46,85	0,78	1,28
Novembro	70.000	31.818	1.124	46,85	0,78	1,28
Dezembro	70.000	31.818	1.124	46,85	0,78	1,28

Fonte: Autor.

A empresa contratante forneceu os dados da coluna 2 (T/Mês das tabelas 2 e 3) para os dois laminadores (TL1 e TL3), que nos mostra a previsão de produtividade em toneladas de cada mês do ano de 2015. Pegamos estes valores e dividimos por 2,2 toneladas (coluna 3 das tabelas 2 e 3), que é o peso de cada fio-máquina. A partir daí foram feitos apenas cálculos de proporção até conseguirmos chegar ao tempo gasto para chegada de um rolo pronto/minuto (coluna 7 das tabelas 2 e 3) para cada mês.

A produção do TL3 inicia-se baixa, porque são feitas várias paradas durante os turnos, para analisar a qualidade dos rolos produzidos e calibrar o laminador de acordo com a demanda de produção.

5. RESULTADOS

Também foram feitos vários estudos de viabilidade econômica, segurança dos colaboradores e custo benefício das 3 propostas apresentadas. Cada uma continha os seus pontos negativos e positivos, de acordo com as condições financeiras da empresa prestadora de serviço e a contratante.

5.1 Resultado proposta 1

A proposta 1 (Empilhadeiras) era dentre as 3 propostas apresentadas, a mais viável economicamente. Porém, entre todos os outros quesitos levantados, ela se encontrava abaixo das outras propostas. A Tabela 4, a seguir, nos mostra estes resultados.

Tabela 4: Pontos negativos e positivos da proposta 1 (empilhadeiras).

PROPOSTA EMPILHADEIRAS		Pontos Positivos
Pontos Negativos		Baixo investimento
Segurança	Colisão de Empilhadeiras	
	Atropelamento	
	Tombamento	
	Esmagamento	
Manutenção	Pacote de discos da transmissão: menos 43% de vida útil;	
	Transmissão por completo: menos 47% de vida útil;	
	Eixos: menos 13% de vida útil;	
	Freios: menos 24% de vida útil;	
	Pneus de tração: menos 17% de vida útil;	
	Motor: menos 15% de vida útil;	
	Radiador: menos 19% de vida útil;	
Bomba de óleo: menos 9% de vida útil.		
Efetivo	Contratar 69 funcionários.	
Equipamentos	Comprar 10 empilhadeiras.	

Fonte: Autor.

Como pontos negativos da proposta 1 (Empilhadeiras), temos a segurança porque a empilhadeiras teriam que passar e manobrar dentro do túnel, até chegar ao pátio de estocagem. Pois como regra da usina, as empilhadeiras quando estão carregadas, têm que descer de ré nas rampas, para que as bobinas não corram o risco de cair. A manutenção é alta, em razão do alto volume de produção e movimentação das empilhadeiras. Os investimentos com contratação de efetivo e compra de equipamentos seriam os maiores dentre as 3 propostas, pois nela necessitaríamos contratar 69 funcionários além dos 57 por turno já existentes e comprar mais 10 empilhadeiras. Isso para conseguir manter a produtividade dos laminadores estável.

O ponto positivo desta proposta seria o baixo investimento inicial pelas empresas. Porque mesmo com a contratação de efetivo e compra de maquinário, o investimento seria menor que a compra e instalação de uma esteira-rolante.

5.2 Resultado proposta 2

A proposta 2 (Intermediária) como o próprio nome diz, era a que se encontrava entre os pontos negativos e positivos das outras 2 propostas (Empilhadeiras e Contínua). Porque ela era economicamente mais cara que a Empilhadeiras, porém não trazia tantos benefícios como a Contínua. A Tabela 5 (na página seguinte), mostra isso.

Tabela 5: Pontos negativos e positivos da proposta 2 (intermediária).

PROPOSTA INTERMEDIÁRIA		
Pontos Negativos		Pontos Positivos
Segurança	Colisão de Empilhadeiras	Redução de equipamento e efetivo e também aumento da segurança em relação ao projeto Empilhadeiras.
	Atropelamento	
Manutenção	Empilhadeiras	
	Ponte-rolante	
Efetivo	Contratar 60 funcionários.	
Equipamentos	Comprar 7 empilhadeiras.	

Fonte: Autor.

Podemos notar que não existem mais os riscos de Tombamento e Esmagamento dos trabalhadores dentro do túnel, sendo um ponto positivo na parte de segurança. Pois a passagem das bobinas realizada dentro do túnel, para chegar até o pátio de estocagem, seria realizada pela esteira e esta função no cenário 01 é realizada integralmente pelas empilhadeiras. No quesito da manutenção, foi adicionada a ponte-rolante, que será mais um equipamento que irá necessitar deste serviço, porém os custos com manutenção das empilhadeiras serão reduzidos, pois a esteira irá realizar parte do serviço de movimentação interna, que antes era integralmente de responsabilidade das empilhadeiras. Os investimentos com contratação de efetivo e compra de equipamentos seriam de 60 funcionários para contratar além dos 57 existentes em cada turno e 7 empilhadeiras para comprar.

O ponto positivo desta proposta seria a redução de 9 funcionários e 3 empilhadeiras por turno em relação a primeira proposta. Também iria diminuir o custo com manutenção dos equipamentos, mesmo acrescentando a ponte rolante. Também a segurança dos colaboradores iria aumentar, pois diminuiria substancialmente os riscos eminentes na passagem das empilhadeiras pelo túnel.

5.3 Resultado proposta 3

Enfim a proposta 3 (Contínua) dentre as 3 propostas apresentadas, era economicamente a mais cara, porém ela foi a melhor dentre todos os outros quesitos levantados para este projeto. A Tabela 6, abaixo, mostra esta soberania.

Tabela 6: Pontos negativos e positivos da proposta 3 (contínua).

PROPOSTA CONTÍNUA	
Pontos Negativos	Pontos Positivos
Alto investimento	<p>Segurança</p> <p>Não há possibilidade de colisão entre equipamentos</p> <p>Nenhum risco de atropelamento, tombamento e esmagamento.</p>
	<p>Manutenção</p> <p>Baixo custo de manutenção com empilhadeiras.</p>
	<p>Efetivo</p> <p>Redução de custos com efetivo.</p>
	<p>Equipamentos</p> <p>Redução de 5 empilhadeiras no processo.</p>

Fonte: Autor.

Podemos notar a diferença de benefícios que esta proposta 03 possui em relação às outras duas. Temos como ponto negativo especificamente a questão do alto investimento, que teria que ser feito para compra e instalação da ponte rolante, que ligaria a saída dos laminadores até o pátio de estocagem. Porém este investimento retornaria a usina, como aumento da eficiência na movimentação interna de bobinas, extinção dos riscos de segurança que envolve o trecho de movimentação das empilhadeiras até o pátio de estocagem, não precisaria contratar funcionários e reduziria 5 empilhadeiras que estavam envolvidas no processo de logística interna.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de uma simulação, realizada por uma empresa terceirizada, responsável pela movimentação interna de materiais e gestão de estoque para uma grande usina de aço instalada na cidade de João Monlevade/MG, como auxílio no planejamento estratégico e apoio nas tomadas de decisões.

Os cenários 01, 02 e 03 descritos nos tópicos anteriores apresentam valores de investimentos para contratação de efetivo e compra de maquinários diferentes. Cada um possui suas particularidades, que foram levadas em consideração várias áreas da engenharia (segurança, mecânica, elétrica... etc.) e não se restringiu apenas em produtividade de processos.

Dentre os três cenários apresentados, o que mais agradou a todos que faziam parte do projeto foi a Simulação Contínua. Pois apesar de ser o maior investimento, seus benefícios em relação a outros aspectos são extremamente significantes, para a política de gestão que envolve os processos dentro da usina, e, que prezam principalmente pela segurança de seus colaboradores e terceiros. Também vale lembrar que o cenário 03 aumentou a eficiência da movimentação interna dos fios-maquinas, sem perder a qualidade do serviço de gestão prestado, que são pontos importantes para suportar a demanda intensa que a usina possui durante todo o ano.

Como ponto de melhoria dentro deste trabalho, é de grande valia que possa ser implementado mais dados e informações a respeito da gestão de estoque. Com isso, podemos gerar resultados mais precisos e com um nível maior de confiabilidade. Além disso, vale ressaltar o grande aprendizado gerado durante a execução do trabalho sobre estocagem, simulação e utilização do *software*, como ferramenta de auxílio em planejamento e tomada de decisões para as organizações.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais e Distribuição Física**. Tradução: Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22 n. 2, p. 241-264, 2002.

BECKER, C.; SCHOLL, A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, 2006.

BOYSEN, N.; FLIEDNER M.; SCHOLL A. A classification of assembly line balancing problems. **European Journal of Operational Research**, 2007.

CHWIF, L. **Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal**. 1999. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. São Paulo: Bravarte, 2007.

MORABITO, E.; PUREZA, V. **Modelagem e Simulação**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

PINHO, B.; CAPPELLI, C.; LIMA, L.; NASCIMENTO, L.; SENNA, P.; PAIM, R. **Metodologia e Ferramentas para Simulação de Processos**. UFRJ, 2009

SANTOS, R. P. C.; CAMEIRA, R. F.; CLEMENTE, A. A.; CLEMENTE, R. G. Engenharia de processos de negócios: aplicações e metodologias. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Curitiba. 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2002.

SCHOLL, A.; BOYSEN, N.; FLIEDNER, M. ABSALOM: Balancing assembly lines with assignment restrictions. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 3, p 688-701, 2010.

SCHOLL, A.; BOYSEN, N.; FLIEDNER, M. The sequence-dependent assembly line balancing problem. **OR Spectrum**, v. 30, n. 3, p.579-609, 2006.

WANKE, P. **Gestão de estoques na cadeia de suprimentos**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas. 2008.