



Universidade Federal do Paraná
Departamento de Administração Geral e Aplicada
MBA em Gerência de Sistemas Logísticos

Modelagem e Simulação da Movimentação de Bobinas com a Ponte Rolante da entrada da Linha de Pintura da CSN Araucária - PR

Aluno: Thaís Mansur Fruet
Orientador: Prof. José Eduardo Pécora e

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do MBA em Gerencia de Sistemas Logísticos da Universidade Federal do Paraná.

Curitiba
2010

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABELAS.....	7
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo	9
2 DEFINIÇÃO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO	10
2.1 Introdução	10
2.2 Definições de simulação.....	11
2.3 Modelos de simulação	13
2.4 Definições de modelagem	14
2.5 Metodologia da simulação	15
3 SOFTWARES DE SIMULAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3.1 Introdução	19
3.2 Softwares para simulação	19
4 ANÁLISE DO MACRO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BOBINA DE AÇO NA CSN-PR.	21
4.1 Introdução	21
4.2 Histórico da CSN-PR	21
4.3 Fluxo do processo produtivo.....	25
5 PROCESSOS DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS DE AÇO NO ARMAZÉM A02 NA ENTRADA DA LINHA DE PINTURA DA CSN-PR	28
5.1 Introdução	28
5.2 Aplicações de modelagem e simulação na movimentação de bobinas de aço galvalume, galvanizado e zincadas.....	29
5.3 Construção do modelo computacional	44
5.4 Execução da simulação e resultados obtidos	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Simulação Contínua.....	13
Figura 2: Simulação de Eventos Discretos.....	13
Figura 3: Metodologia de simulação.....	16
Figura 4: Verificação e validação em simulação.....	18
Figura 5: Tipos de <i>softwares</i> de simulação.....	20
Figura 6: Visão geral da planta CSN Araucária PR e o local onde será realizado o estudo de simulação – A02 (armazém 02).....	25
Figura 7: Macro processo produtivo CSN-PR.....	27
Figura 8: Diagrama do ciclo de atividades do armazém A02.....	30
Figura 9: Diagrama <i>box-plot</i> para identificação de <i>outliers</i>	33
Figura 10: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os <i>outliers</i> da movimentação das bobinas no armazém A02.....	33
Figura 11: Gráfico dos <i>outliers</i> movimentação de retirada de bobinas da galvanização.....	34
Figura 12: Gráfico de correlação e R^2 da movimentação de retirada de bobinas da galvanização.....	34
Figura 13: Gráfico dos <i>outliers</i> movimentação de bobinas na área de embalagem.....	34
Figura 14: Gráfico de correlação e R^2 da movimentação de bobinas na área de embalagem.....	35
Figura 15: Gráfico dos <i>outliers</i> de movimentação de bobinas da área de embalagem para estoque.....	35

Figura 16: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas da área de embalagem para o estoque.....	35
Figura 17: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os <i>outliers</i> movimentação de retirada e colocação de bobinas no carro de transferência.....	36
Figura 18: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas do carro de transferência para o estoque.....	36
Figura 19: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os <i>outliers</i> movimentação de bobinas no estoque.....	37
Figura 20: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas no estoque	37
Figura 21: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os <i>outliers</i> movimentação de bobinas para carregamento de vagão.....	37
Figura 22: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas para carregamento no vagão	38
Figura 23: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os <i>outliers</i> movimentação de bobinas para abastecimento da LPC1.....	38
Figura 24: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas para carregamento no vagão	38
Figura 25: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de abastecimento de bobinas de aço da LPC1.....	39
Figura 26: Resultado estatístico dos dados de movimentação de bobinas na área de embalagem	39
Figura 27: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de bobinas para o carregamento de vagão.....	40

Figura 28: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas do carro de transferência.....	40
Figura 29: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas no estoque.....	41
Figura 30: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de retirada de bobinas da linha de galvanização (LGC1).....	41
Figura 31: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de retirada de bobinas do carro de transferência para a LPC1.....	44
Figura 32: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas de produção da linha de galvanização.....	43
Figura 33: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas da área de embalagem para o carro de transferência, estoque ou linha de pintura.....	43
Figura 34: Representação do modelo computacional.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Características técnicas principais da LPC1.....	29
Tabela 02: Resultados estatísticos das amostras dos processos envolvidos.....	44
Tabela 03: Trials run do cenário atual.....	50
Tabela 04: Trial run do cenário 1.....	52
Tabela 05: Trial run do cenário 2.....	54
Tabela 06: Trial run do cenário 3.....	56
Tabela 07: Resultado consolidado comparativo dos 3 cenários.....	57
Tabela 08: Comparativo de volume anual e faturamento entre os cenários simulados e o atual.....	58

1 INTRODUÇÃO

O Brasil deve fechar 2010 com recorde de consumo aparente de produtos siderúrgicos, impactado fundamentalmente pelo aumento das importações. Segundo previsão do Instituto Aço Brasil (IABr, o consumo aparente deve ser de 26,8 milhões de toneladas este ano, 44% a mais do que em 2009 e 11% acima de 2008, período pré-crise. O acréscimo constatado em 2010 em relação aos dois anos anteriores deve-se às importações, que no ano em curso estão estimadas em 5,9 milhões de toneladas, crescimento de 154% na comparação com o ano passado e de 123% em relação a 2008. Na pós-crise, a América Latina passou a atrair volumes crescentes de exportações e isso foi percebido claramente no Brasil. O recorde de consumo infelizmente não significou recorde de produção de aço no País, mesmo com sobra de capacidade (consulta ao site www.acobrasil.org, acesso em 05 dez 2010).

A produção brasileira de aço bruto está estimada pelo Instituto Aço Brasil, para 2010, em 33,1 milhões de toneladas, crescimento de 25% em relação ao ano passado. As vendas internas devem apresentar crescimento de 30,4% em relação a 2009, chegando a 21,3 milhões de toneladas. As exportações de produtos siderúrgicos no período devem totalizar 8,7 milhões de toneladas e 5,5 bilhões de dólares, representando aumento de apenas 1% de volume, quando comparado com 2009.

Este estudo de caso é baseado no processo de modelagem e simulação da operação de movimentação da ponte rolante PR#07 da entrada da linha de pintura, tendo como objetivo o estudo de atendimento dos recursos logísticos da entrada da linha para viabilizar a ampliação do equipamento de produção da linha de pintura (LPC#1) da Companhia Siderúrgica Nacional em sua filial localizada em Araucária PR, denominada simplesmente de CSN-PR. Utilizando a ferramenta de simulação de eventos discretos para análise do modelo atual, verificação e implantação de possíveis soluções para o problema de gargalos na movimentação dos produtos acabados na saída da linha de Galvanização (LGC#1), área de embalagem, movimentação de estoque, descarga de matéria prima, carregamento de vagão, troca de caçamba e abastecimento da linha de pintura. Essas movimentações têm demonstrado preocupação para atendimento a LPC#1 (abastecimento) devido ao investimento que a

empresa irá realizar na linha, para aumentar a produção de 100mil t/ano para 130mil t/ano. A ponte rolante 07 (PR#07) realiza diversas movimentações, que se resumem em: retirada de materiais da LGC#1, movimentação na área de embalagem, movimentação de estoque, troca de caçamba, descarga de caminhão, abastecimento do carro de transferência, carregamento de vagão e abastecimento da LPC#1. As movimentações de retirada de materiais da LGC#1 e movimentação na área de embalagem, também são realizadas com o auxílio da ponte rolante 08 (PR#08), situada no mesmo galpão.

Simulação de eventos discretos vem sendo cada vez mais utilizada como ferramenta para solução de problemas empresariais e industriais, mas, não somente focada para grandes projetos. Sua aplicação vai desde a verificação de possíveis gargalos existentes em uma determinada operação até a análise de um novo sistema (novo conceito), verificando se este não possui problemas antes mesmo de iniciá-lo. Para tanto, é necessário que todas as etapas do processo sejam cumpridas e aferidas (metodologia de simulação), tais como: correta coleta de dados, interpretação e análise dos dados, desenho ou modelagem do sistema, entrada de dados no sistema e por fim a análise dos resultados, verificação e validação da simulação.

Este trabalho procurou seguir todas as etapas da metodologia de simulação e, através desta, somado a dados bem coletados e com o real conhecimento da situação foi possível obter a solução de melhor custo-benefício. Portanto no decorrer do trabalho, serão apresentadas desde a escolha do objeto de estudo, coleta de dados, construção do modelos computacional, análise do processo e conclusão para a escolha do melhor cenário.

1.1 Objetivo

O objetivo deste projeto é o estudo da movimentação logística do armazém denominado A02 (entrada da LPC#1) para identificar gargalos e indicar investimentos

ou possíveis melhorias devido ao incremento de produção, principalmente a melhor solução para o problema de gargalos na movimentação de bobinas no depósito de produtos acabados denominado A02, localizado na entrada da linha contínua de pintura – LPC#1. Atualmente a PR#07 atende as necessidades da produção e demais atividades acima citadas, porém com o projeto de ampliação, a PR#07, pode se tornar gargalo. O investimento para a ampliação é alto e é preciso que seja verificada minuciosamente a necessidade / capacidade dos equipamentos acessórios para que não haja parada ou problemas futuros na produção. Também uma análise das possibilidades de melhoria modificando o *layout* ou ainda verificando a necessidade de investimentos na fábrica, seja em aumento dos recursos empregados nesta movimentação, seja na ampliação da infra-estrutura se faz necessário.

2 DEFINIÇÕES: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

2.1 Introdução

A simulação tem como intuito principal identificar possíveis gargalos, e viabilizar novos cenários para aperfeiçoar novos processos. Com os avanços na área de informática, as novas linguagens de programação e de simulação têm permitido empregar a esta técnica nas diversas áreas do conhecimento humano como: projetar e administrar sistemas de transportes (portos, aeroportos, rodovias), projetar e analisar sistemas industriais, configurar sistemas de atendimento em hospitais, supermercados e bancos, avaliar *performance* de *hardware* e *software* em sistemas de computação, analisar desempenho de armas e estratégias militares e determinar frequência de pedidos de compra para recomposição de estoques.

2.2 Definições de simulação

A simulação é uma ferramenta que permite a criação de cenários, que podem auxiliar orientando o processo de tomada de decisão, e propor soluções de melhoria para cada tipo de situação.

O processo de elaboração de um modelo de um sistema real (ou hipotético) e a condução de experimentos com a finalidade de entender o comportamento de um sistema ou avaliar sua operação (SHANNON, 75).

Em computação, simulação consiste em imitar um processo ou operação do mundo real, através de técnicas computacionais. Portanto, para ser realizada uma simulação, é preciso construir um modelo computacional que corresponda com a realidade se deseja simular.

Inicialmente analistas constroem modelos do sistema de interesse, escrevem programas destes modelos e utilizam um computador para inicializar o comportamento do sistema e submetê-lo a diversas políticas operacionais. O cenário que se aproximar mais da realidade é considerado a base para simulação de novos cenários.

Segundo CHWIF & MEDINA (2007) os textos clássicos de simulação fornecem uma série de definições do que é simulação, porém para evitar repetições fizeram o inverso: comentaram o que a simulação não é:

- ◆ A simulação não é uma bola de cristal: ela não prevê o futuro, o que ela pode prever, com certa confiança, é o comportamento de um sistema baseado em dados de entradas específicos e respeitado um conjunto de premissas.
- ◆ A simulação não é um modelo matemático: embora se possam utilizar fórmulas matemáticas em um modelo de simulação, não existe uma “expressão analítica fechada”, não pode ser reduzida a um simples cálculo ou fórmula matemática.
- ◆ A simulação não é uma ferramenta estritamente de otimização: ela é uma ferramenta de análise de cenários.
- ◆ A simulação não é substituta do pensamento inteligente: não substitui o ser humano no processo de decisão.

- ◆ A simulação não é uma técnica de último recurso: Ela é uma das técnicas mais utilizadas na pesquisa operacional e na ciência da administração.
- ◆ *“A simulação não é uma panacéia que irá solucionar todos os problemas: corroborada pelo pensamento de HARREL & TUMAY (1995), a simulação possui uma classe de problemas bem específicos nos quais se adapta bem”* CHWIF & MEDINA (2007).

Um sistema é o agrupamento de partes que operam juntas, visando um objetivo em comum (FORRESTER, 68). Um modelo pode ser definido como uma representação das relações dos componentes de um sistema, sendo considerada como abstração, no sentido em que tende a se aproximar do verdadeiro comportamento do sistema. Há três tipos de modelos: simbólicos, analíticos e de simulação, sendo o último o que será o aplicado neste estudo.

Os sistemas reais apresentam uma maior complexidade devida principalmente a sua natureza dinâmica, ou seja, o seu estado muda ao longo do tempo, mas também por sua natureza aleatória, que é regida por variáveis aleatórias. A simulação consegue através de um modelo capturar com maior fidelidade essas características, procurando repetir em um computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetidos às mesmas condições de contorno CHWIF & MEDINA (2007).

Para FREITAS (2001), a simulação consiste na utilização de fórmulas matemáticas, utilizadas em computadores, permitindo imitar o funcionamento de qualquer operação do mundo real. Segundo SHANNON (1992), simulação é uma ferramenta que permite projetar o modelo de um sistema real e realizar vários experimentos com o objetivo de entender seu comportamento nos diversos cenários possíveis e avaliar estratégias para sua operação. A simulação compreende a construção do modelo de concepção, abstrato e um método experimental que busca:

- Descrever o comportamento do sistema;
- Construir teorias ou hipóteses baseadas nas observações realizadas;

- Utilizar o modelo para prever o comportamento futuro, ou seja, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou em seus métodos de operações.

Um modelo de simulação caracteriza matematicamente um sistema, cujo estado pode ser descrito, em um determinado instante, por um conjunto de variáveis estocásticas e determinísticas, conhecidas como variáveis de estado KOIDE (2006).

2.3 Modelos de simulação

Há três modelos conhecidos de simulação computacional que podem ser classificados da seguinte forma: simulação de “Monte Carlo”, simulação contínua e simulação de eventos discretos. A simulação de “Monte Carlo” utiliza de geradores aleatórios de números para simular sistemas físicos ou matemáticos sem levar em consideração o tempo como uma variável. A simulação contínua considera a mudança de estado do sistema ao longo do tempo, é utilizada para modelar sistemas que variam continuamente no tempo, mas sem percepção notável de quando se inicia e termina cada evento. CHWIF & MEDINA (2007) utilizam como exemplo uma xícara de chá quente colocada à temperatura ambiente (figura 1) cujo fenômeno de resfriamento do chá é contínuo no tempo. Por fim, o terceiro modelo de simulação são o de eventos discretos, que ocorrem à mudança de estado em momentos discretos no tempo a partir da ocorrência de eventos, que podem ou não serem simultâneas. As ocorrências são separadas, ou seja, é possível observarmos as várias etapas de um processo. Conforme o exemplo da xícara de chá de CHWIF & MEDINA (2007), podemos comparar o estudo de preparação do chá como eventos discretos, onde temos a colocação da água quente, e na sequência a colocação do chá na água quente e a disponibilização do chá, como eventos que ocorrem de formas independentes e podem ser mensurados separadamente (figura 2).

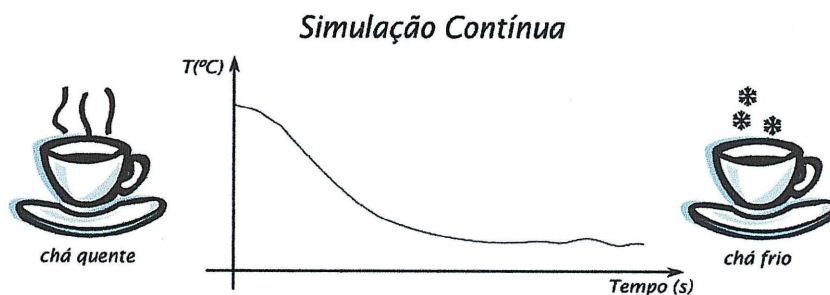


Figura 1: Simulação Contínua – Fonte: (Adaptado CHWIF & MEDINA – 2009).

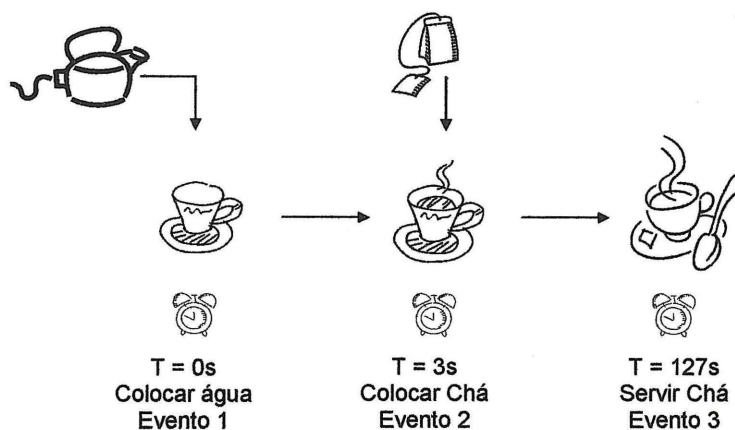


Figura 2: Simulação de Eventos Discretos – Fonte: (Adaptado CHWIF & MEDINA – 2007).

Para objeto deste trabalho será utilizado à modelagem de eventos discretos, ou seja, o relógio de simulação sempre indicará um instante em que um evento acontece podendo ser simultâneo ou não.

2.4 Definições de modelagem

Modelagem ou modelo matemático, segundo EYKHOFF (1974) é uma representação dos aspectos essenciais de um sistema que apresenta conhecimento

desse sistema em uma forma utilizável. No pensamento de DENN (1986) é um sistema de equações, cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada é representativa da resposta do processo. Este é o que mais se aproxima da idéia recente sobre modelagem. Já segundo SEBORG et al. (2004) um modelo nada mais é do que uma abstração matemática de um processo real.

Diversos modelos matemáticos podem ser estudados, no entanto para este trabalho foi utilizado um software de simulação classificado será o de eventos discretos.

2.5 Metodologia da simulação

Uma das grandes dificuldades da simulação está em validar se o modelo proposto retrata com fidedignidade o cenário estudado. Para alcançar o objetivo se faz necessário três preceitos básicos como: a concepção, a implementação e análise de confiabilidade. Esses preceitos devem ser observados nas várias fases do desenvolvimento de um modelo. O primeiro passo que é a “concepção” ou verificação tem como objetivo a certificação do modelo adotado está ou não correto. Para isso recomenda-se seguir as seguintes fases: rodar o programa para um conjunto variado de situações procedendo a análises dos dados de saída, rastrear o programa para verificar a execução dos procedimentos, observando a animação comparando os valores gerados pelo uso de distribuições ao da realidade.

A “implementação” são as ações utilizadas para analisar se o modelo representa com fidedignidade a realidade. Este segundo passo pode ser realizado em conjunto com a concepção, fato que dará maior confiabilidade ao modelo. Outra forma deste tipo de validação é através de análises de especialistas da área, que procedem ao julgamento ao modelo criado. Esta etapa é a fase onde *“o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através de utilização de alguma linguagem de simulação ou de um simulador comercial”* CHWIF & MEDINA (2007).

O terceiro e último passo é o da **análise**, sendo que o modelo está pronto para ser rodado no sistema e a partir daí, realizar diversas rodadas de simulação para

criação de novos cenários, com relatórios que indicam os possíveis gargalos ou melhorias para tomadas de decisões.

Conforme já citado acima, a definição do conceito de simulação está dividido em etapas, como demonstra a figura 3.

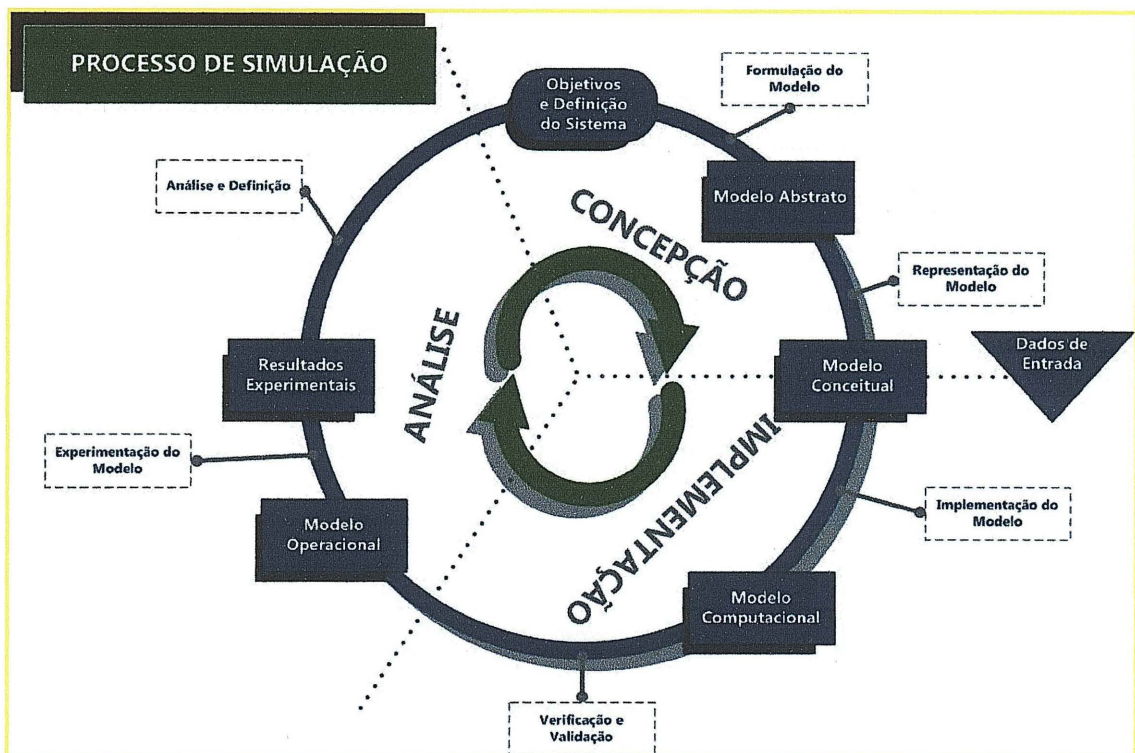


Figura 3: Metodologia de simulação - Fonte: CHWIF (1999)

Segundo CHWIF & MEDINA (2007) “na primeira etapa **concepção**, o analista de simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado e os seus objetivos, através da discussão com analistas”. Um modelo deve estar idêntico a realidade ou muito próximo dela, por isso o envolvimento com pessoas relacionadas ao negócio, independentemente se o processo já existe ou não, é de extrema importância para o correto desenho operacional. A clareza na definição do escopo e objetivos desejados com a simulação, devem ser os primeiros pontos a serem discutidos antes do início das etapas de implementação e análise, daquilo que se deseja como conclusão do estudo.

Especialistas utilizam a seguinte expressão na engenharia de *software* “GIGO” (*garbage in, garbage out*) tradução para o português: “entra lixo, sai lixo” sendo importante que os dados coletados sejam corretos e aferidos para que todo o processo não seja prejudicado. Importante ressaltar que o modelo em questão é quem deve dirigir a coleta de dados, pois se pode perder muito tempo coletando dados que sequer serão aplicados no modelo CHWIF & MEDINA (2007). Na etapa de concepção que se define o modelo abstrato, este se tornará o modelo conceitual desenhado de tal forma que todos os envolvidos no processo tenham conhecimento e consigam entender o modelo.

Na segunda etapa do trabalho, a **implementação** conforme figura 3, é a fase onde “o modelo conceitual é convertido em um modelo computacional através de utilização de alguma linguagem de simulação ou de um simulador comercial” CHWIF & MEDINA (2007). O modelo computacional deve ser iniciado observando o formato do local onde está se aplicando o estudo e frente ao modelo conceitual ou abstrato, logo para melhor visualização da simulação, sugere-se que a localização física de cada recurso esteja próxima a realidade. Para validação se o modelo computacional está de acordo com o conceitual, é necessário gerar alguns resultados, ou rodada do sistema para observar se o modelo está realmente com representação precisa da realidade, quando se conhece o processo.

Na terceira etapa, **análise** entende-se que o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos, dessa forma se conclui que o modelo experimental ou modelo operacional pode ser utilizado CHWIF & MEDINA (2007). Neste momento são realizadas as diversas rodadas de simulação do sistema para que seus resultados e alternativas de cenários sejam analisados e documentados. ROBINSON (2004) enfatiza a não-linearidade de um estudo de simulação, lembrando sempre que esta não-linearidade deve ser considerada, embora a totalidade da literatura de simulação apresente para fins didáticos as etapas como sendo “estanques”. Cabe a esta etapa a determinação se o modelo proposto está fidedigno conforme o sistema em estudo e esses preceitos devem ser observados nas várias fases do desenvolvimento de um modelo. SILVA (2005) propõe que a verificação consiste em assegurar que o modelo computacional funcione como se deseja e é a relação entre o modelo conceitual e o

modelo computacional. A validação é uma coletânea de ações utilizadas para analisar se um dado modelo representa confiabilidade do sistema estudado. Esse procedimento pode ser conduzido em conjunto com a verificação, fato que imprimirá maior confiabilidade ao modelo.

No pensamento de CHWIF & MEDINA (2007), a validação tem a ver com o modelo conceitual e serve para validar se está se desenvolvendo o modelo correto. Já a verificação está relacionada com o modelo computacional e serve por sua vez para verificar se o desenvolvimento do modelo vem sendo realizado corretamente, exemplificado através da figura 4 abaixo:

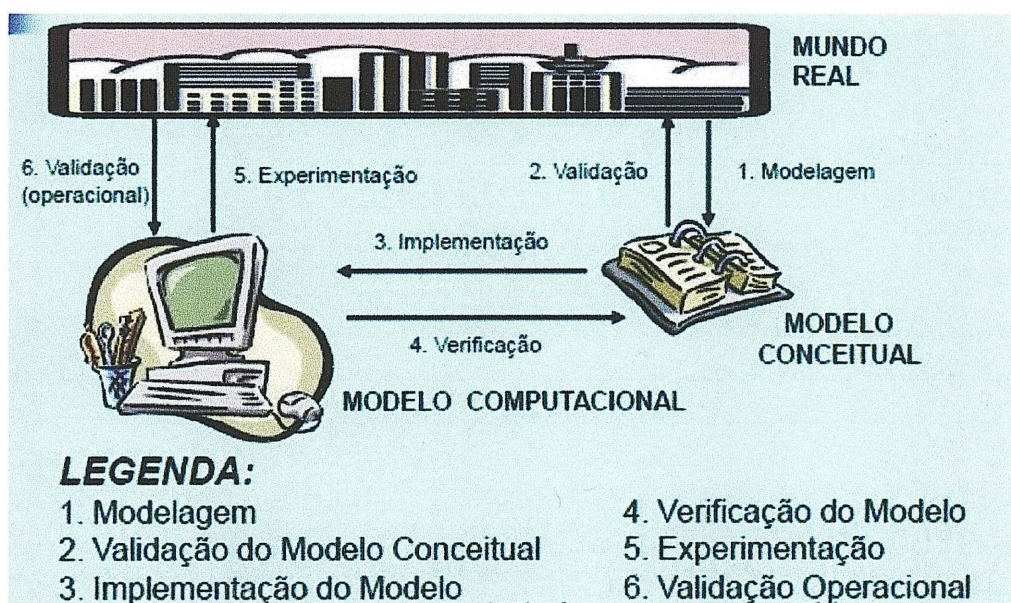


Figura 4: Verificação e validação em simulação - Fonte: Adaptado de CHWIF & MEDINA (2009).

Uma das formas de verificar se o modelo está de acordo com a necessidade proposta é validar as informações, através da experiência dos colaboradores envolvidos no processo, onde são capazes de informar se as informações apresentadas pelo sistema computacional fazem sentido, porém isso não é possível para estudos de novos modelos.

Pode-se concluir que uma vez validado o sistema, se novas modificações forem realizadas no modelo computacional, toda a metodologia de verificação, implementação

e validação, devem novamente ser realizadas, para evitar uma sucessão de erros devido às mudanças, e manter principalmente a fidedignidade do modelo proposto.

3 SOFTWARES DE SIMULAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Introdução

Neste capítulo trataremos da questão de avaliação de *softwares* de simulação de eventos discretos que foram motivados pela diversidade e opções disponíveis no mercado atual, e principalmente porque a simulação ser cada vez mais utilizada na modelagem e análise dos problemas em diferentes áreas, mas principalmente na logística.

3.2 Softwares para simulação

A crescente utilização da simulação como ferramenta de modelagem e análise de problemas resultou em uma vasta e também crescente disponibilidade de softwares de simulação no mercado. Normalmente estes *softwares* representam consideráveis custos para as empresas que adquirem uma licença de uso, a seleção adequada passa a ser um dos fatores chaves no sucesso dos projetos de simulação, não esquecendo que a correta utilização pela equipe responsável também são determinantes para serem futuramente desenvolvidos. Esta seleção deverá ser feita com base em critérios objetivos, levando em consideração não apenas as características dos produtos, mas também do desenvolvimento das aplicações pretendidas. Como em qualquer situação de decisão complexa, informação é um fator chave, por isso devemos utilizar alguns parâmetros para adquirir o “*software*” adequado, como: custos, sistema mínimo

operacional necessário, características funcionais, o objetivo do estudo a ser realizado ou características do processo, dentre outras informações básicas sobre estes produtos e, que irão contribuir para um processo de busca de informações mais eficiente.

Há diversos modelos de *softwares* disponíveis para simulação no mercado atualmente. Conforme publicação da *ORMS Today* (2007) através do *Simulation Software Survey* (levantamento de *softwares* de simulação) foi identificada mais de 65 *softwares* e dentre eles vários com pacotes adicionais de informações incluindo *softwares* de estatística que acompanham o desenvolvimento de simulação.

Os principais *softwares* apresentados na figura 5 (em ordem alfabética), empresa responsável, endereço do Home Page e a informação se há representante no Brasil. As empresas citadas são especializadas em simulação e também oferecem outros produtos, como simuladores voltados para aplicações específicas, derivados do *software* de caráter geral e serviços para consultoria e treinamento. Praticamente quase todos estes *softwares* têm versões disponíveis, seja através de contato direto com a empresa, seu representante ou através da internet. Uma maneira prática para se saber mais sobre cada um destes produtos, é visitando as respectivas *Home Pages* e “*sites*” relacionados.

Produto	Empresa	Endereço da <i>HomePage</i>	Representante
Arena	Systems Modeling Corporation	www.sm.com	Sim
AutoMod	Autosimulations	www.autosim.com	Sim
Extend	Imagine That	www.imaginethtatinc.com	Não
GPSS H	Wolverine Software		Sim
Micro Saint	Micro Analysis & Desing	www.madboulder.com	Sim
ProModel	ProModel Corporation	www.promodel.com	Sim
SIMPLE++	AESOP (Alemanha)	www.aesop.de	ND*
Simsript II 5 e MODSIM III	CACI Products Company	www.caciasl.com	ND*
Simul8	Simulate Tecnologia de Simulação Ltda.	www.simulate.com.br	Sim
TAYLOR II	F&H Simulations (Holanda)	www.taylorii.com	ND*
VisSim	Visual Solutions	www.vissim.com	Sim

ND* - Não Disponível

Figura 5: Tipos de *softwares* de simulação - Fonte: ILOS (2010).

Apesar de algumas características serem fundamentais nos *softwares*, tornando-os aparentemente similares, algumas empresas trabalham com ferramentas especiais, como símbolos gráficos, recursos de animação, ambientes em 3-D, porém obviamente são recursos que demandam conhecimento da ferramenta e conseqüentemente um maior custo.

Outra característica marcante destes novos produtos, e nisso eles são mais parecidos entre si, diz respeito à etapa de modelagem/programação. No trabalho proposto será utilizado o *software Simul8®*, versão estudante, para a viabilização deste projeto.

4 ANÁLISE DO MACRO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BOBINA DE AÇO NA CSN-PR.

4.1 Introdução

Nesta etapa será apresentado o estudo do macro-processo produtivo da unidade da Companhia Siderúrgica Nacional em Araucária PR e observando as oportunidades de melhoria referentes ao processo logístico na simulação dos processos produtivos. Seguindo a metodologia de simulação, conforme figura 3, deveremos entender o processo e analisar o ambiente, a partir do cenário atual para concepção do melhor modelo de simulação a ser implementado.

4.2 Histórico da CSN-PR

A Companhia Siderúrgica Nacional foi fundada em 9 de abril de 1941 e iniciou suas operações em 1º de outubro de 1946. Como primeira produtora integrada de aço plano no Brasil, a CSN é um marco no processo brasileiro de industrialização. O seu aço viabilizou a implantação das primeiras indústrias nacionais, núcleo do atual parque fabril brasileiro. Privatizada em 1993, e após mais de seis décadas de atividade, continua a fazer história.

Com capacidade de produção anual de 5,6 milhões de toneladas e cerca de dezesseis mil empregados, a CSN concentra suas atividades em siderurgia, mineração e infraestrutura.

A estratégia integrada e alinhada ao negócio principal assegura posição de liderança no setor siderúrgico brasileiro. A aquisição dos ativos da *Heartland Steel*, constituindo a CSN LLC, nos Estados Unidos, em 2001, marcou o início do processo de internacionalização da CSN. Atualmente, entre seus ativos a empresa conta com uma usina siderúrgica integrada, cinco unidades industriais, sendo duas delas no exterior (Estados Unidos e Portugal), minas de minério de ferro, calcário e dolomita, uma forte distribuidora de aços planos, terminais portuários, participações em estradas de ferro e em duas usinas hidrelétricas. Com uma gestão firme e inovadora, a empresa acredita na força empreendedora do capital nacional e no enorme potencial brasileiro de competitividade no setor siderúrgico.

O aço da CSN está presente em diversos segmentos, entre os quais se destacam o Automotivo, Construção Civil, Embalagem, Linha Branca e OEM, fornecidos para clientes no Brasil e no Exterior, dados retirados do site www.csn.com.br, acesso em 30 de novembro de 2010.

A CSN-PR foi implantada com o objetivo de introduzir no Brasil as mais modernas tecnologias de produção de chapas de aço para a construção civil e utilidades domésticas, com alto valor agregado, atendendo especialmente a cada pedido de seus clientes, desde a espessura, largura, cor, grau de dureza, entre outras características especiais. Foi fundada em julho de 1998 com a denominação social CISA (CSN-IMSA Indústria de Aços Revestidos S/A), como resultado de associação da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) com a mexicana IMSA (Indústrias Monterrey S/A), para

implantação em Araucária – PR. A CSN Paraná é uma unidade de laminação e revestimento, instalada em Araucária, região metropolitana de Curitiba - PR.

Os principais produtos da CSN Paraná são: aço galvanizado com revestimento de zinco puro, CSN Galvalume (aço galvanizado com uma liga de zinco e alumínio) e Aço Pré-Pintado CSN.

A produção inicia com a decapagem e a laminação a frio das bobinas de aço, para adaptar sua espessura às necessidades de cada cliente e a matéria-prima para abastecimento dessas linhas, tem origem da CSN UPV (Volta Redonda – RJ), após passarem por esse fluxo, o processo termina no Centro de Serviços, que corta o aço em chapas, blanks, fitas e perfis. Após a laminação, o aço é revestido com uma camada metálica, resistente à oxidação. Essa camada pode ser de zinco puro (zincagem) ou de uma liga de alumínio e zinco, que reúne a beleza do alumínio à elevada proteção contra a corrosão do zinco, podendo dar uma vida útil ao produto de até 35 anos, o que faz o produto CSN ter grande competitividade no mercado. A CSN é a única empresa licenciada a produzir o galvalume no Brasil.

A CSN Paraná tem uma capacidade de produção de 100 mil toneladas/ ano de pré-printados, 230 mil toneladas/ ano de galvanizados com zinco puro (zincadas) e galvanizados com a liga de zinco e alumínio e 220 mil toneladas/ ano de bobinas a quente decapadas.

O projeto da planta industrial incluiu, além das linhas de decapagem química, laminação a frio, galvanização, pré-pintura, um Centro de Serviços com linhas de corte de bobinas transformando em chapas e slitters (rolos), que atualmente atendem principalmente os clientes automotivos e linha branca. Os investimentos propiciariam à CSN ser pioneira no Brasil e líder latino-americana na produção de galvalume (aço

revestido com liga alumínio-zinco), e líder no fornecimento de aço pré-pintado no mercado doméstico.

Em outubro de 1999 foi concedida Licença Prévia para as obras de implantação da CISA, pelo Instituto Ambiental do Paraná, e foi dado início aos serviços preparatórios de terraplanagem.

Em abril de 2000, a IMSA vendeu para a CSN sua parte de ações e a CSN assumiu integralmente a continuidade do projeto. Em novembro do mesmo ano, o Centro de Serviços iniciou a produção de tiras e chapas destinados às indústrias da construção civil, principalmente neste período, utilizando bobinas provenientes da CSN Volta Redonda.

A partir de junho de 2001, a CSN entregou a operação do Centro de Serviços da CSN-PR à INAL, que atualmente denomina-se PRADA, empresa controlada que atua como beneficiadora e distribuidora de produtos do Grupo CSN. Ao mesmo tempo, continuavam as obras de implantação dos estágios produtivos de relaminação e revestimento de aços planos, que se completaram com a ativação dessas unidades no período de agosto a dezembro de 2003.

Durante o ano de 2004, a CSN-PR atingiu o ritmo nominal em todas as linhas, garantindo em volume e qualidade o cumprimento da estratégia de penetração de seus produtos no mercado brasileiro, com exportação do excedente da produção. Em 2008, foram produzidas mais de 150 mil toneladas de galvalume® e 40 mil toneladas de pré-pintadas. A partir de setembro de 2005, a operação do Centro de Serviços é incorporada como mais um processo da CSN-PR. Desenho da planta conforme figura 6 dando a localização de onde será realizado o estudo proposto.

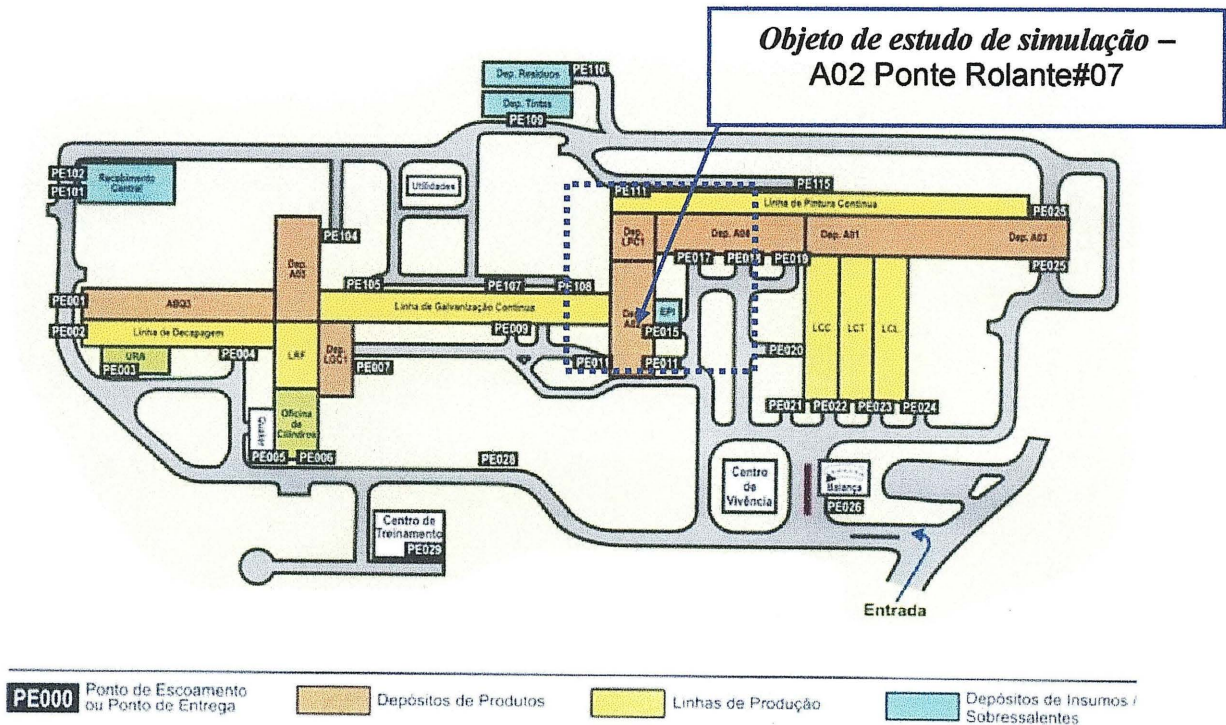


Figura 6: Visão geral da planta CSN Araucária PR e o local onde será realizado o estudo de simulação – A02 (armazém 02).

4.3 Fluxos do processo produtivo

Seu fluxo produtivo é focado principalmente no atendimento à construção civil, linha branca e no atendimento a indústria automobilística. A principal matéria prima é oriunda de sua matriz localizada na cidade de Volta Redonda – RJ cujo aço base laminado a quente após a chegada em Araucária PR recebe diversos tratamentos de superfície, sendo uma das especialidades da unidade. O processo inicia na decapagem semi contínua (1 - LDS) com aplicação de ácido clorídrico na superfície da chapa com objetivo de limpar as impurezas e estágios de oxidação natural do produto bruto ou também devido as condições de transportes das bobinas, que podem ocorrer devido ao molhamento proveniente de chuva. O produto final é chamado de bobinas de aço

laminadas a quente decapadas na largura especificada conforme pedido do cliente. Após o processo de decapagem (o excedente pode ser vendido diretamente) as bobinas de aço são enviadas para o laminador reversível a frio (2 - LRF) nesta etapa o objetivo é a redução de espessura da chapa. Neste processo as bobinas passam a se chamar de bobinas "*Full Hard*"(BFH) e sua tradução mais aproximada para o português seria "alto grau de dureza" devido a característica física do aço após o processo de laminação. Estas bobinas serão recozidas no processo de galvanização para obtenção de dureza conforme padrões solicitados pelos clientes. Na sequência as bobinas BFH passam para o processo seguinte (o excedente pode ser vendido diretamente) chamado de galvanização na Linha de Galvanização Contínua (3 - LGC), considerado o coração dos produtos com revestimentos que garantem a integridade e maior tempo de vida ao aço. Este processo transforma as BFH's em bobinas de aço galvanizadas que podem ser tanto Bobinas de aço galvanizadas Zincadas (BZN) ou Bobinas de aço galvanizadas Galvalume® (BGL) cuja patente e licença de operação é concedida pela *BIEC International CO*.

Após o processo de galvanização por imersão, os produtos podem tanto serem vendidos ao mercado nacional quanto internacional e/ou encaminhados para a Linha de pré-Pintura Contínua (4 - LPC1) ou para o Centro de Serviços de aço (5 - CS) onde serão cortados conforme solicitações dos clientes.

O processo de pré-pintura é caracterizado pela aplicação de película de tinta em uma ou ambas as faces da bobina de aço. Esta linha de produção é reconhecida pela excelência e alta tecnologia empregada em seu processo produtivo. O ponto de entrada destes produtos é o objeto de estudo deste trabalho. As bobinas pré-pintadas podem

BFL – Bobina de aço Flandres;

LDS – Linha de Decapagem Semi Contínua;

LRF – Laminador Reversível a Frio;

LGC – Linha de Galvanização Contínua;

LPC – Linha de Pintura Contínua;

5 PROCESSOS DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS DE AÇO NO ARMAZÉM A02 NA ENTRADA DA LINHA DE PINTURA DA CSN-PR

5.1 Introdução

Este capítulo destina-se ao estudo do processo de movimentação das bobinas galvalumes, galvanizadas e zincadas, realizada pelas pontes rolante PR#07 e PR#08, que estão localizadas no depósito A02. Utilizando a metodologia de simulação e aplicando um *software* de simulação de eventos discretos com objetivo de conhecer melhor a operação e através dos resultados obtidos encontrarem os gargalos existentes nesta operação propondo assim melhorias e ajustes necessários para o melhor desempenho do processo.

5.2 Aplicações de modelagem e simulação na movimentação de bobinas de aço galvalume, galvanizado e zincado

A linha de pintura contínua (LPC1) é o penúltimo processo produtivo na cadeia de produção da CSN-PR, conforme figura 7. Responsável pela produção dos produtos com maior valor agregado da companhia que responde aproximadamente a 27% do volume total faturado da unidade. A tabela 01 demonstra as características técnicas com os limites superiores e inferiores com estimativa de produção por minuto e capacidade nominal.

Características Técnicas Principais LPC1	
Substrato	Aço Laminado a Frio, Galvanizado e Galvalume
Espessura do Substrato (min/max)	0,25 mm a 1,55 mm
Largura da Tira (min/max)	700 mm a 1600 mm
Diâmetro Interno Saída	508 mm ou 610 mm
Diâmetro Externo Saída (min/max)	610 mm a 2100 mm
Peso Máximo Saída	25 t
Velocidade da Linha	100 m / min
Produção Nominal	100.000 t / ano
Temperatura de Pico da Chapa (max)	260°C

Tabela 01: Características técnicas principais da LPC1

A movimentação na entrada da linha, objeto deste estudo, é feita por uma ponte rolante PR#07 com capacidade de carga de até 15 toneladas. O percentual de utilização da PR#07 é desconhecido, e por este motivo se torna o recurso principal para abastecimento a LPC#1. Devido aos diversos movimentos necessários para atendimento tanto na retirada de produtos da linha de produção de galvalume (LGC#1),

quanto ao efetivo carregamento dos produtos nos vagões para entrega aos clientes, movimentações internas e transferências de bobinas de um galpão para outro.

Seguindo a metodologia de simulação, iniciamos o estudo constituindo o modelo abstrato do processo de movimentação de bobinas, com o objetivo visualizar como o sistema físico está constituído. Após esta etapa passamos para o modelo conceitual, também conhecido como *Activity Cycle Diagrams - ACD* (traduzido para o português: diagrama do ciclo de atividades) onde foi possível conhecer o fluxo do sistema que estaremos representaremos, a forma computacional. O modelo conceitual do armazém A02 está representando conforme figura 8.

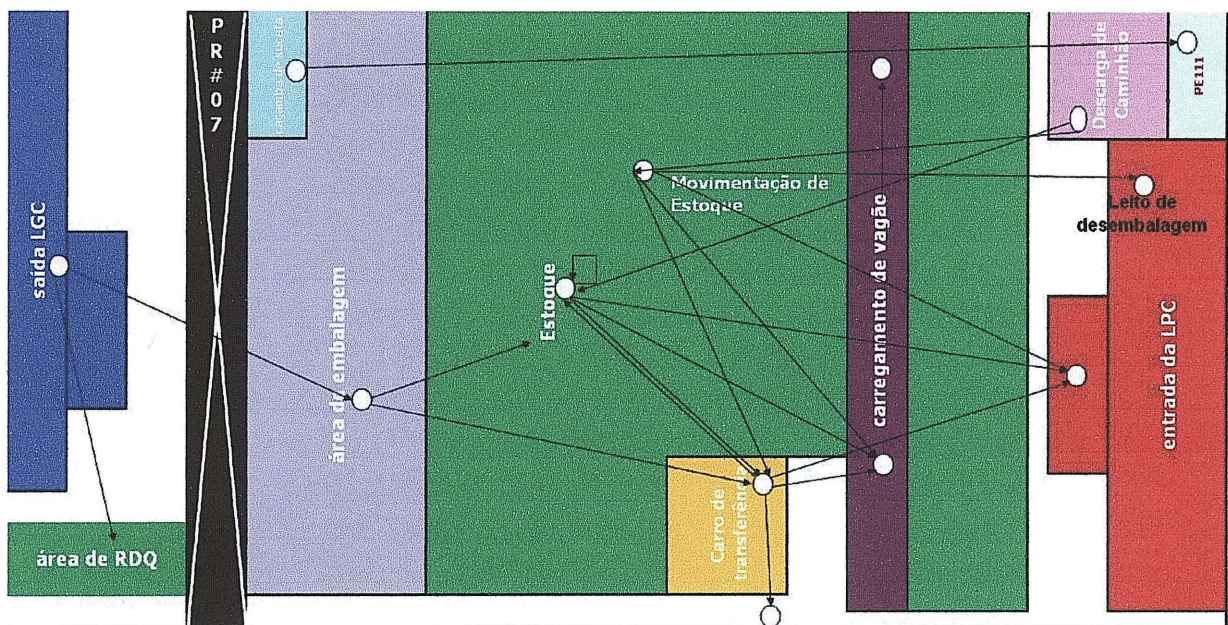


Figura 8: Diagrama do ciclo de atividades do armazém A02

Após conclusão do modelo abstrato e conceitual, passamos a para coleta de dados, sendo esta etapa vital, para que os resultados da simulação tenham alinhamento com o que deve acontecer na vida real. Foram necessárias 8 semanas de observação de todo

o processo, considerando apenas as variáveis de estudo, e destes foram coletados informações dos seguintes processos:

- Intervalo de saída de produtos da linha de galvanização (considerando os vários sistemas (*mix*) de produção. É necessário considerar que a capacidade nominal do equipamento não é totalmente conhecida, uma vez que seu mix de produção pode variar substancialmente ao longo de cada mês, por isso será aplicado no simulador às situações extremas, ou seja, de maior e menor capacidade de produção conforme cada largura x espessura e substrato utilizado para a produção.
- Intervalo de tempo de carregamento dos vagões;
- Intervalo de tempo de movimentação de bobinas no estoque;
- Intervalo de tempo do processo de embalagem (inclui a movimentação de colocação e retirada dos produtos na área de embalagem para estoque e retirada de materiais da máquina de bandagem);
- Intervalo de tempo no processo de armazenagem (organização e movimentação de estoque);
- Intervalo de tempo no processo de abastecimento da LPC#1, considerando os diversos mix de produção;
- Intervalo de troca de caçamba;
- Intervalo de descarga de caminhão através do portão PE111;
- Intervalo de retirada de bobinas do carro de transferência para o estoque,
- Carregamento de vagão, abastecimento da LPC1 ou envio para outro depósito;

Foram também considerados outros levantamentos de tempo, tais como: parada da ponte rolante para manutenção, troca turno de operadores, almoço, lanche dos operadores, tempo ocioso e troca de equipamentos de movimentação.

Após o processo de coleta de dados e inserção destes em planilhas eletrônicas, deu-se início a observação dos resultados estatísticos de cada processo para aplicação dos mesmos no modelo computacional (simulador). A verificação inicial foi na aferição para constatação se não existiam pontos fora da curva nas distribuições estatísticas, chamados de *Outliers* (tradução para o português: fora das linhas da distribuição estatística). Para conhecer os *Outliers*, foi necessário primeiramente encontrar o 1° e 3° Quartil da amostra, que pode ser localizado utilizando planilha eletrônica e através dos seguintes cálculos encontrar os pontos fora da curva:

Outlier: elemento que está acima de $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$ ou abaixo de $Q1 - 1,5(Q3 - Q1)$, onde Q3: 3° Quartil e Q1: 1° quartil da amostra de dados.

A importância da realização desse processo é porque se os pontos fora da curva não forem excluídos, estes podem distorcer os dados e tendenciando o resultado da amostra e são facilmente detectados através de análise estatística *Box-plot* (ver figura 9). Podemos considerar duas situações como pontos fora da curva:

- ◆ Erro na coleta de dados: Este tipo de *outlier* é o mais comum, principalmente quando o levantamento de dados é feito por meio manual.
- ◆ Eventos Raros: Nada impede que situações totalmente atípicas ocorram na coleta de dados. Alguns exemplos: Um dia de temperatura negativa no verão da cidade do Rio de Janeiro; um tempo de execução de um operador ser muito curto em relação aos melhores desempenhos obtidos naquela tarefa; Um tempo de viagem de um caminhão de entregas na cidade de São Paulo, durante o

horário de rush, ser muito menor do que fora deste horário CHWIF & MEDINA (2007).

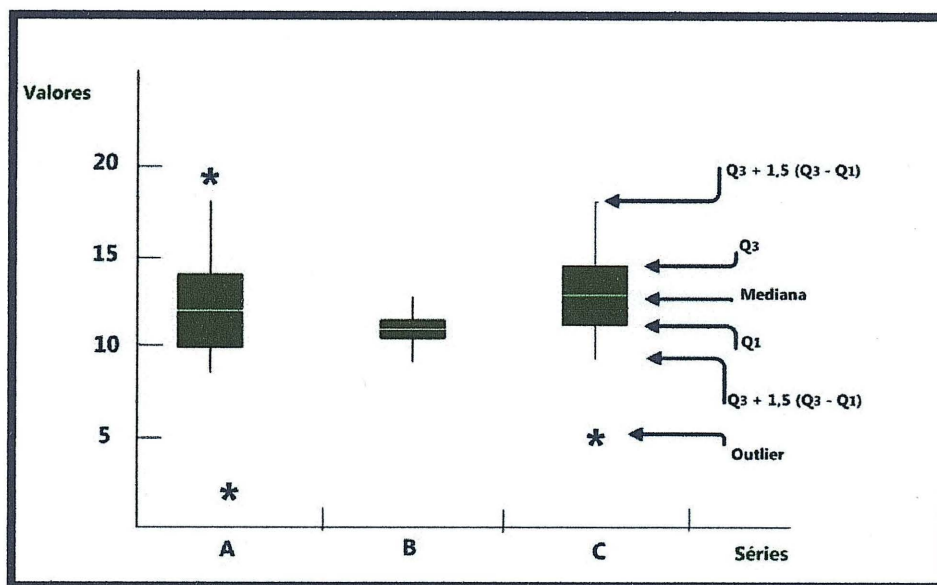


Figura 9: Diagrama *box-plot* para identificação de *outliers* CHWIF e MEDINA, (2007).

Alguns limites para os *outliers* encontrados no processo de movimentação das bobinas estão representados nas figuras 10.

Atividade	1º Quartil	3º Quartil	Amplitude	Outlier 1º Quartil	Outlier 3º Quartil
Mov. retirada de material da Galvanização	1,4	2,4	1,1	-0,2	4,0
Mov. área de embalagem	1,0	2,0	1,0	-0,5	3,5
Mov. da área de embalagem para estoque, carro de transferência ou berço da LPC1.	1,3	2,0	0,7	0,2	3,1
Mov. de retirada e colocação de bobinas no carro de transferência	2,0	3,0	1,0	0,5	4,5
Mov. de estoque	0,0	3,0	3,0	-4,5	7,5
Mov. de carregamento de vagão	2,0	3,0	1,0	0,5	4,5
Abastecimento da LPC1	1,0	2,3	1,3	-0,9	4,1

Figura 10: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os *outliers* da movimentação das bobinas no armazém A02.

Nas figuras de 11 a 24, estão representados os gráficos dos *outliers*, de correlação e R^2 , que tem o objetivo de apresentar a melhor curva de distribuição de cada evento estudado, sempre excluindo os pontos fora da curva (*outliers*), oferecendo ao estudo uma maior confiabilidade.

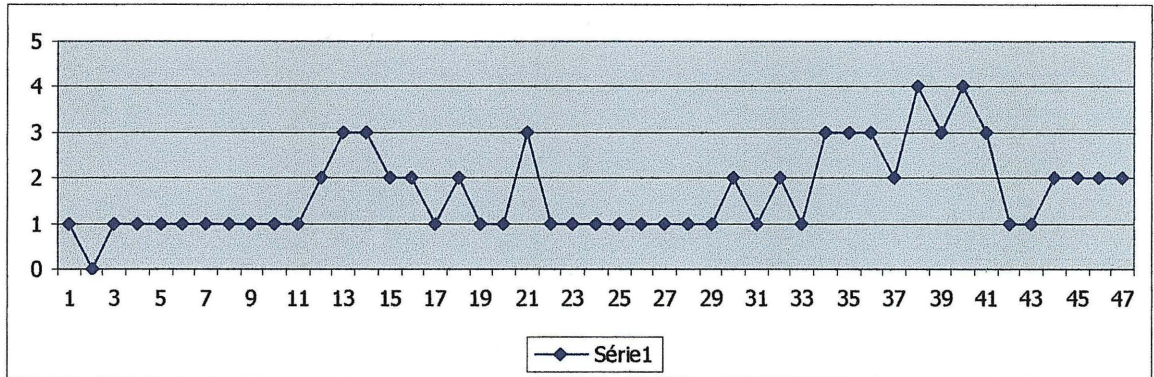


Figura 11: Gráfico dos outliers movimentação de retirada de bobinas da galvanização

$$y = 0,5394x + 0,7593$$

$$R^2 = 0,2883$$

Correlação Retirada de material na saída LGC

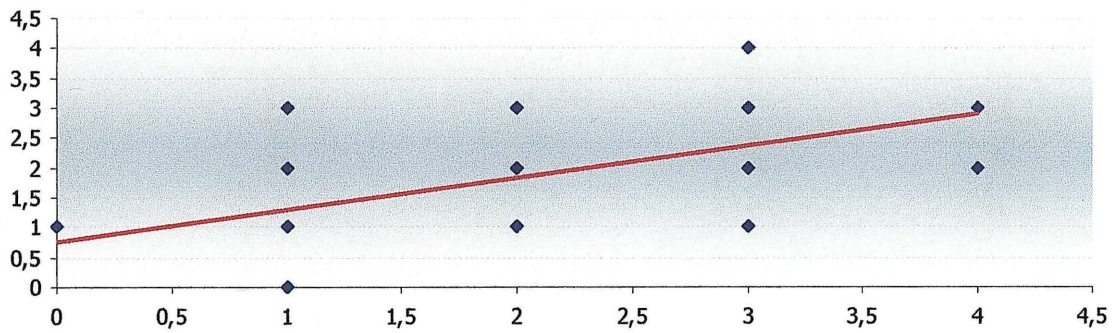


Figura 12: Gráfico de correlação e R² da movimentação de retirada de bobinas da galvanização.

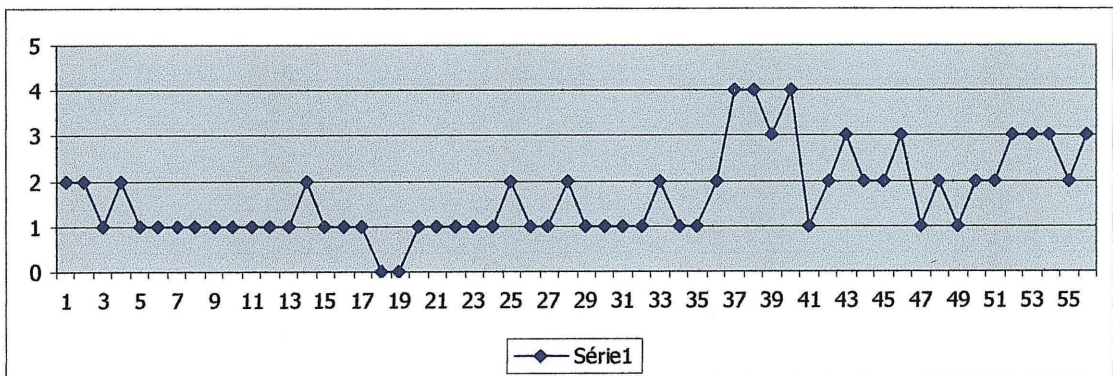


Figura 13: Gráfico dos outliers movimentação de bobinas na área de embalagem

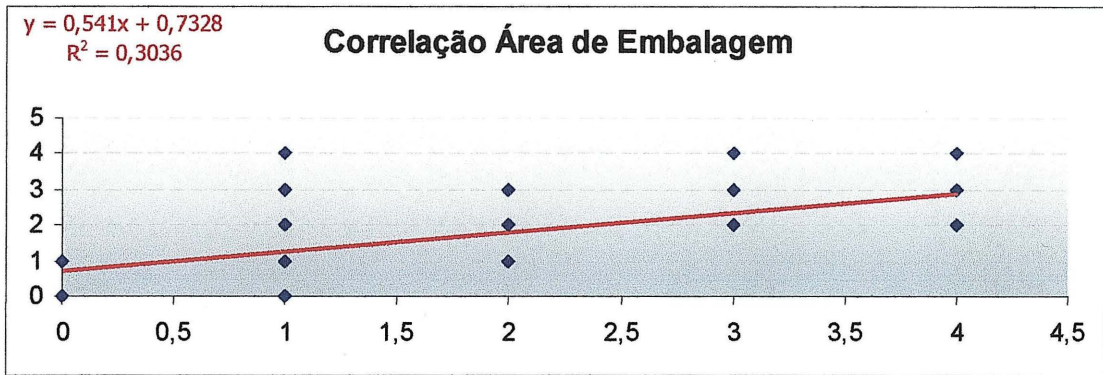


Figura 14: Gráfico de correlação e R^2 da movimentação de bobinas na área de embalagem.

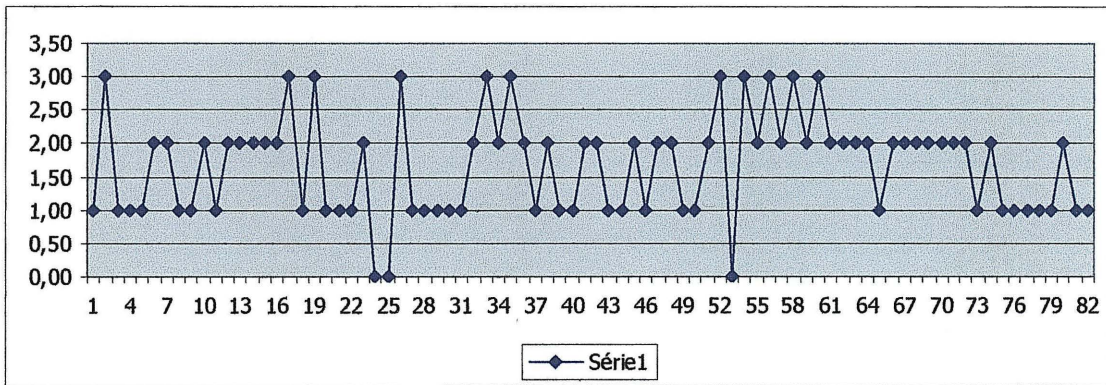


Figura 15: Gráfico dos *outliers* de movimentação de bobinas da área de embalagem para estoque.

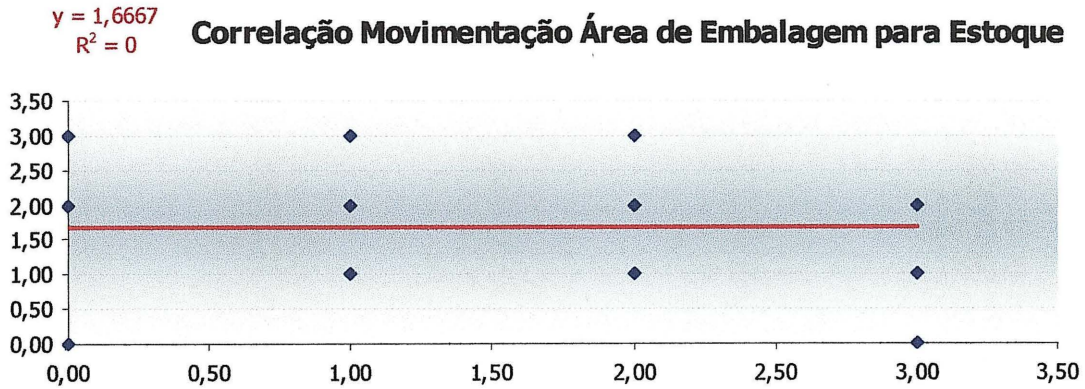


Figura 16: Gráfico de correlação e R^2 do movimentação de bobinas da área de embalagem para o estoque.

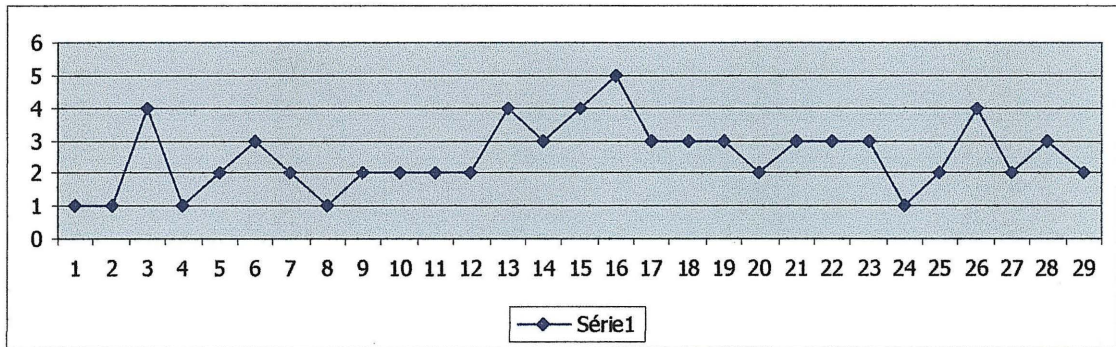


Figura 17: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os *outliers* movimentação de retirada e colocação de bobinas no carro de transferência.

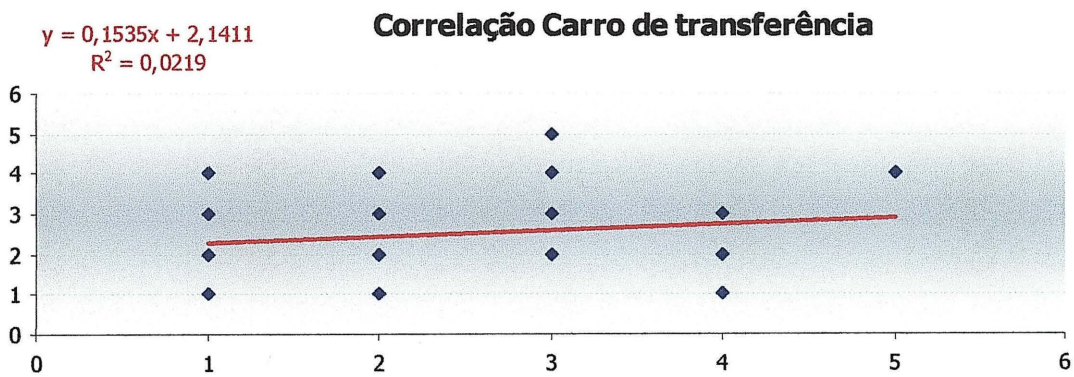
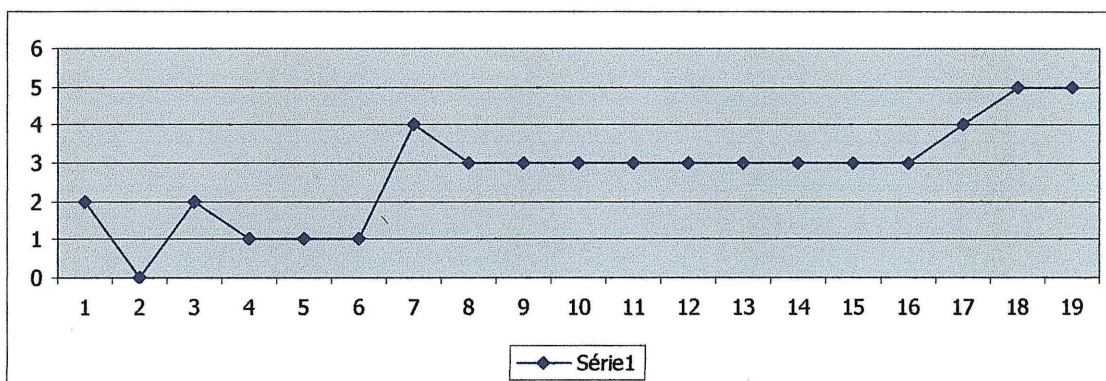
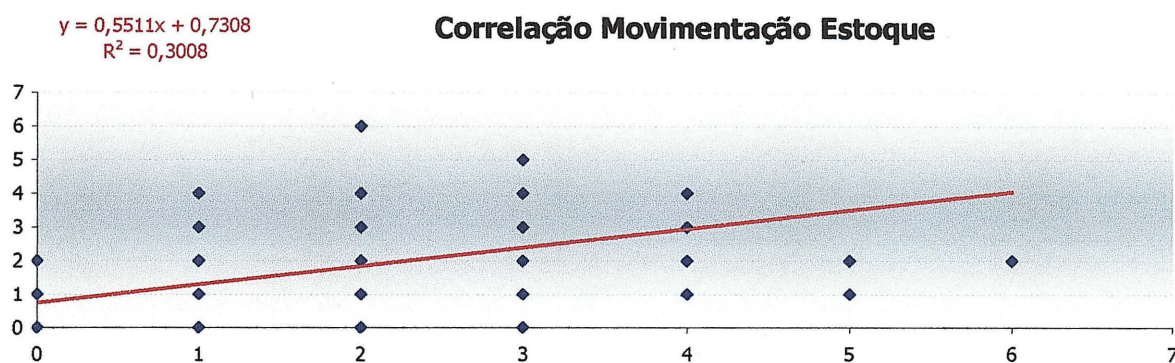
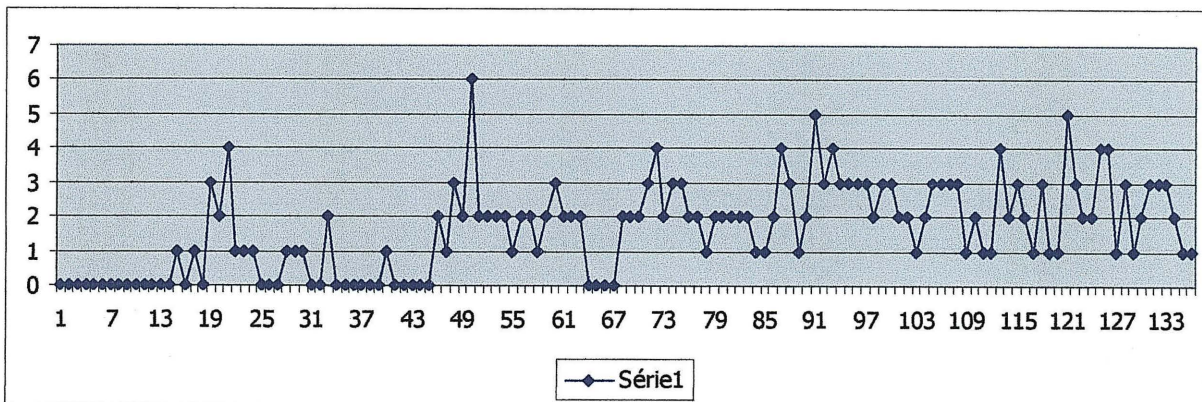


Figura 18: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas do carro de transferência para o estoque.



$$y = 0,5929x + 0,9643$$

$$R^2 = 0,4161$$

Correlação Carregamento de vagão

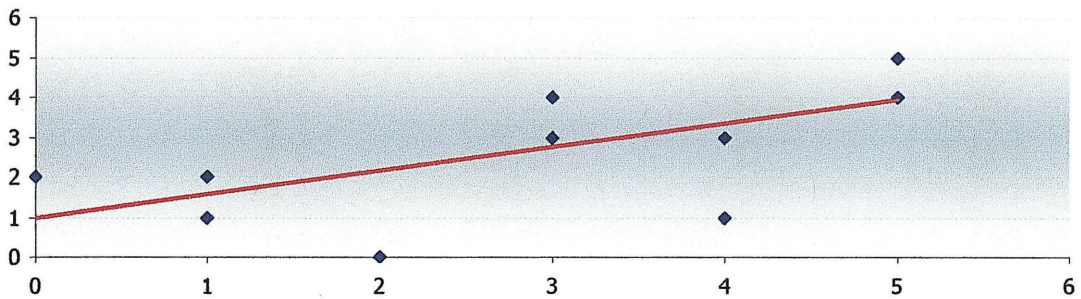


Figura 22: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas para carregamento no vagão.

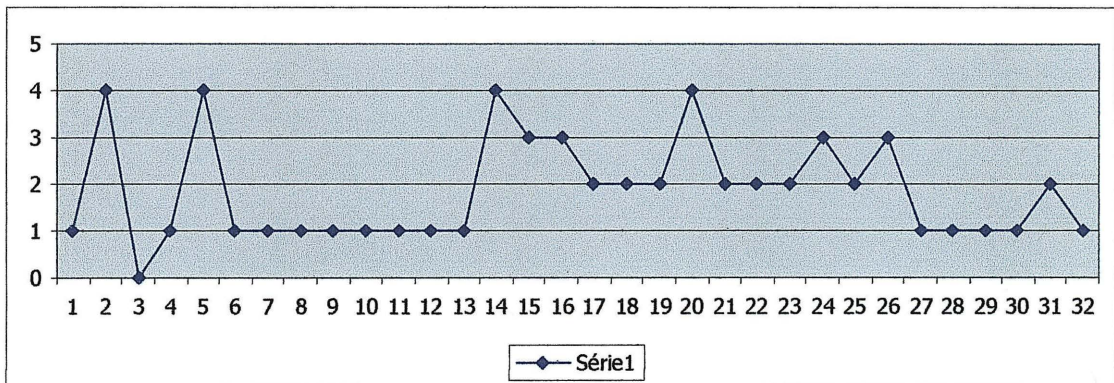


Figura 23: Cálculos efetuados em planilha eletrônica para encontrar os *outliers* movimentação de bobinas para abastecimento da LPC1.

$$y = 0,0396x + 1,7969$$

$$R^2 = 0,0016$$

Correlação Abastecimento LPC

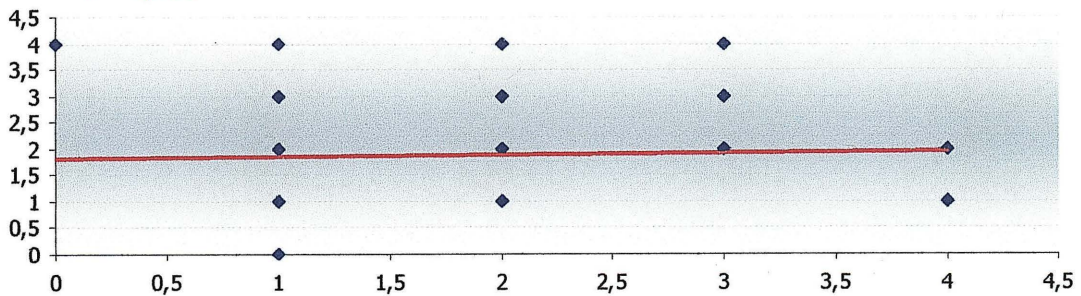


Figura 24: Gráfico de correlação e R^2 de movimentação de bobinas para carregamento no vagão.

Foi também necessário a utilização de *software* de ajuste de curvas, cujo objetivo é ajustar uma massa de dados de acordo com uma distribuição matemática conhecida para que esta esteja de acordo com a distribuição dos dados. O estudo realizado com os dados de entrada da LPC1 apresentou os resultados conforme figura 25 a 33, depois de aplicado no *software* estatístico.

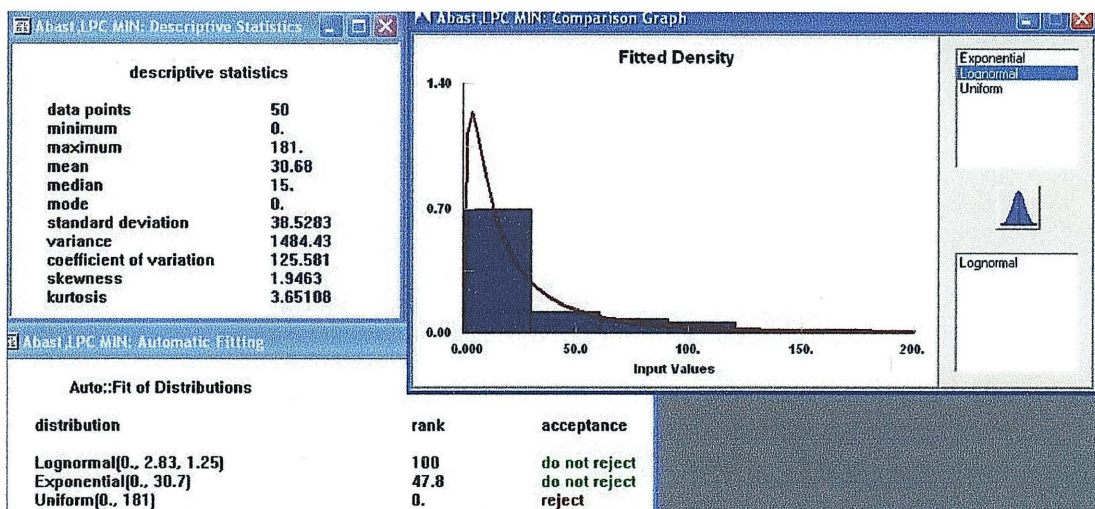


Figura 25: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de abastecimento de bobinas de aço da LPC1

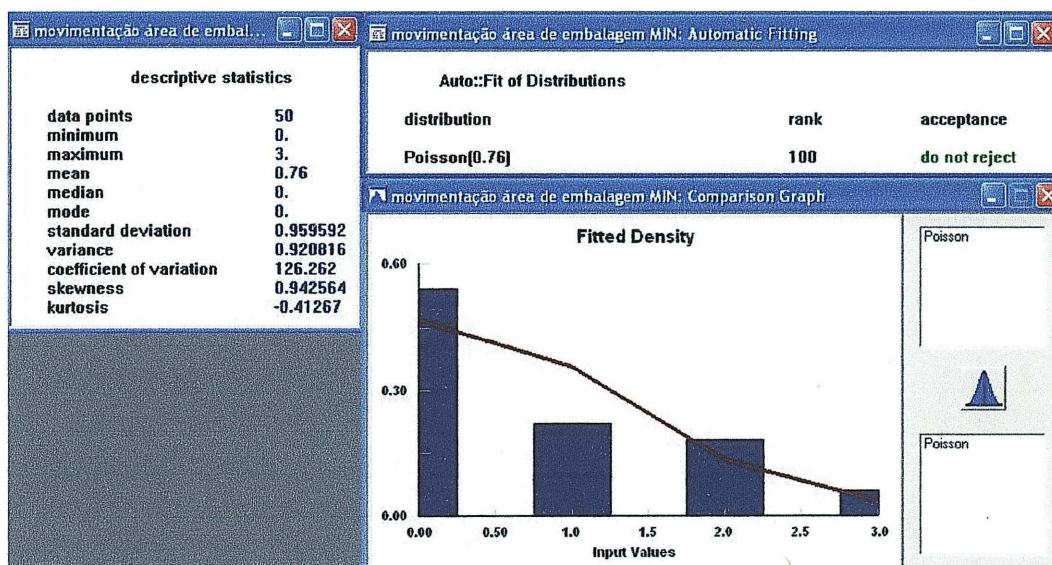


Figura 26: Resultado estatístico dos dados de movimentação de bobinas na área de embalagem

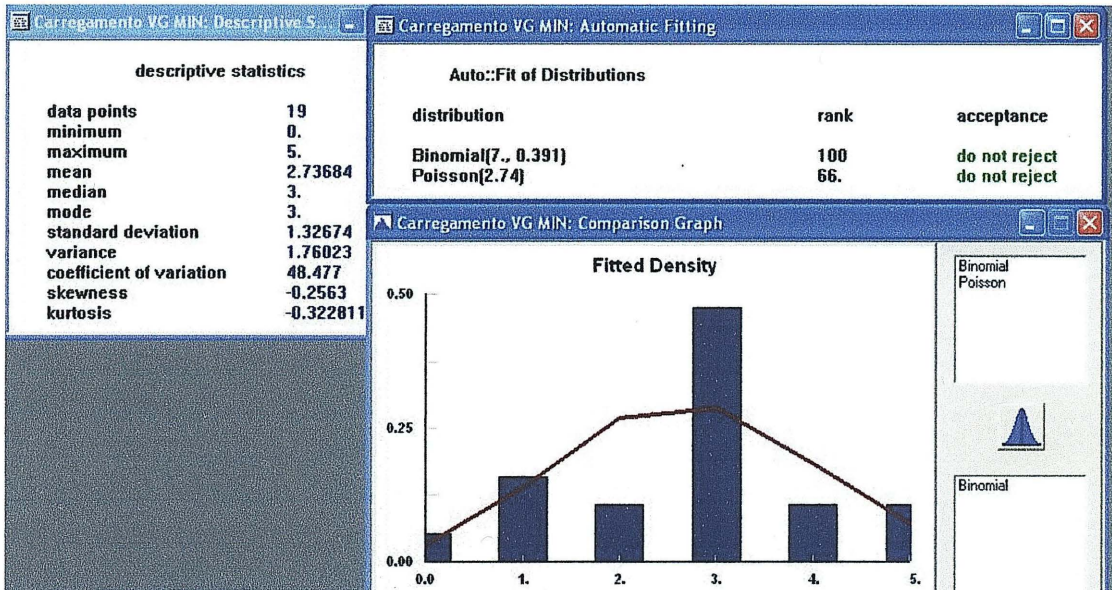


Figura 27: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de bobinas para o carregamento de vagão

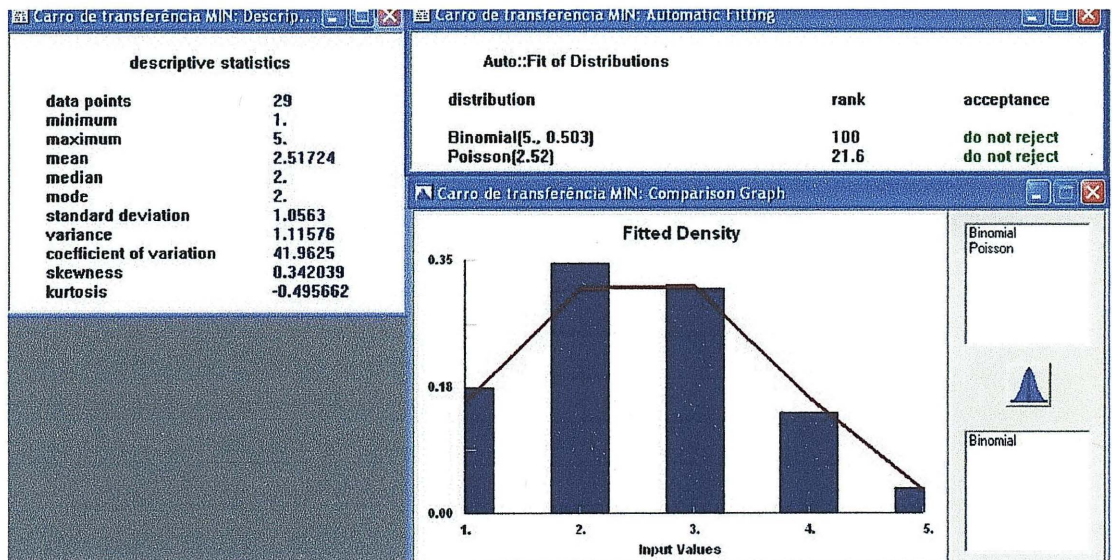


Figura 28: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas do carro de transferência.

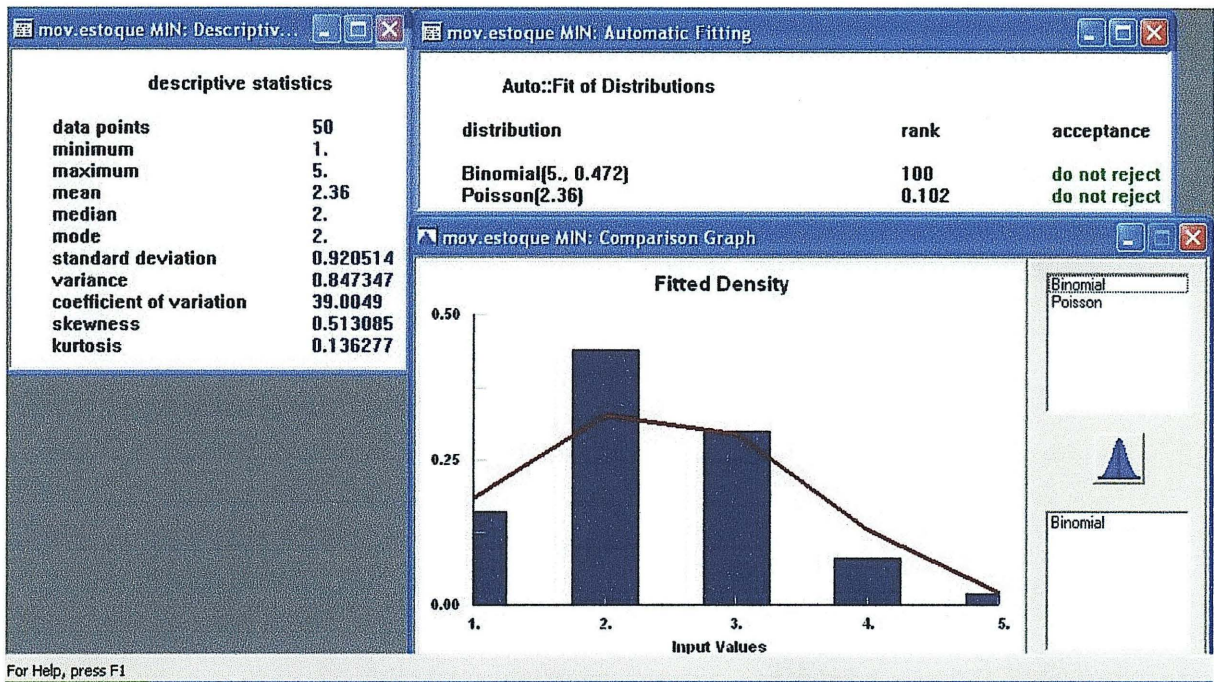


Figura 29: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas no estoque.

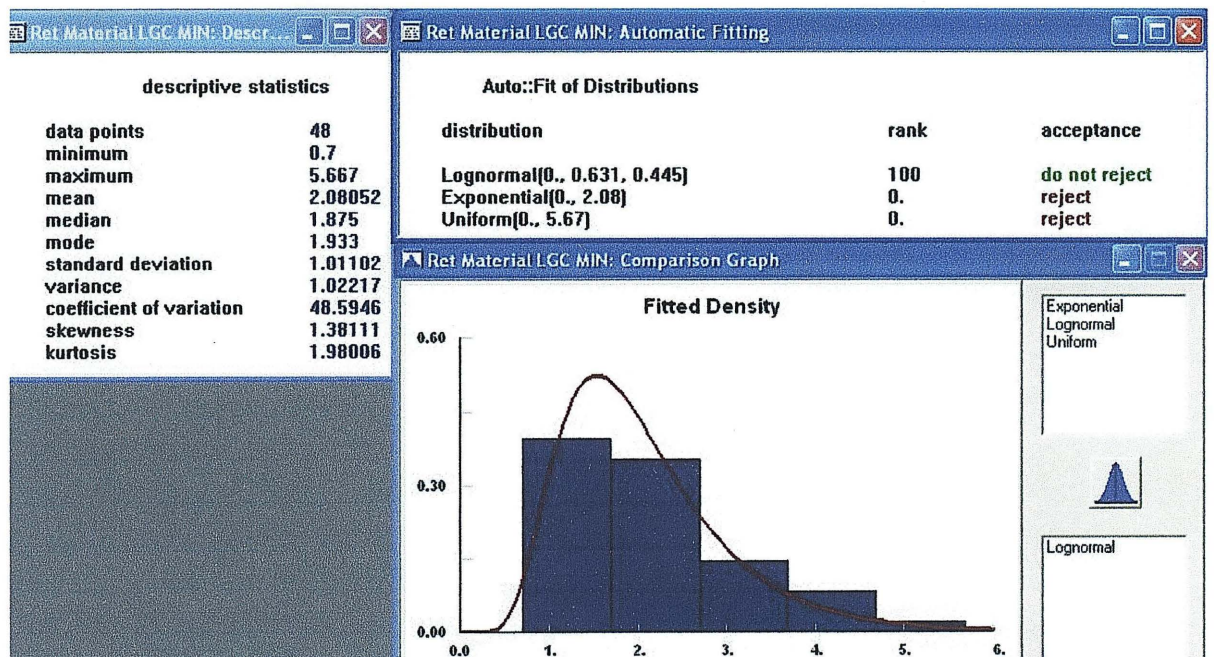


Figura 30: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de retirada de bobinas da linha de galvanização (LGC1).

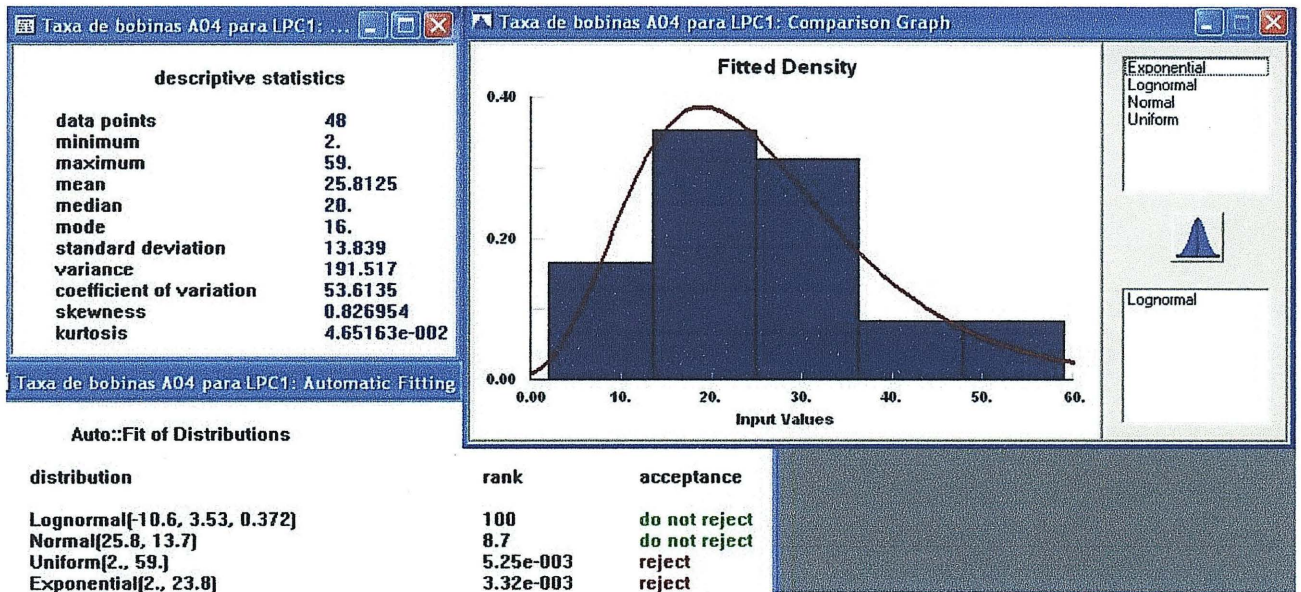


Figura 31: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de retirada de bobinas do carro de transferência para a LPC1.

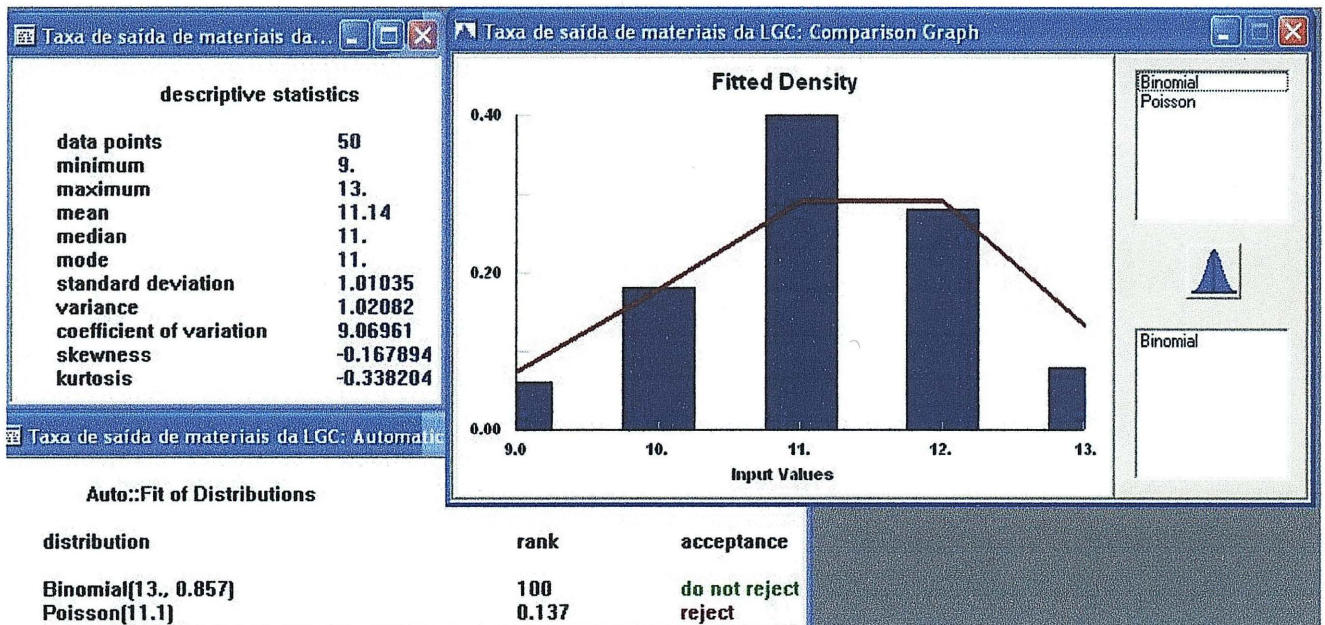


Figura 32: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas de produção da linha de galvanização.

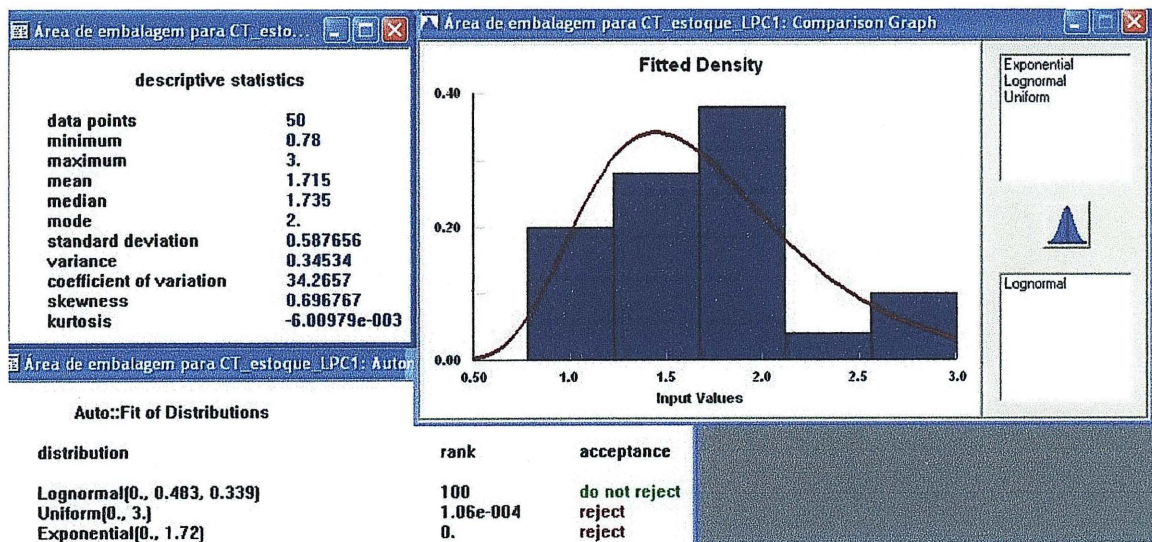


Figura 33: Resultado estatístico dos dados dos intervalos de movimentação de bobinas da área de embalagem para o carro de transferência, estoque ou linha de pintura.

A tabela 02 apresenta os resultados estatísticos consolidados de todas as amostras após aplicação do *software* de ajuste de curvas, cujos dados foram inseridos no simulador para gerar as informações do modelo computacional. Estes dados fazem parte inicial do estudo e foi através deles que foi possível efetuar a primeira verificação se o modelo abstrato está em conformidade com a realidade.

Evento	Descrição da atividade	Medição do Tempo	Distribuição	Parâmetros
Retirada de material da saída da LGC (Saída LGC)	Retirada de bobinas do leito de saída da LGC para o estoque ou área de RDQ	Tempo de retirada de bobinas do leito de saída da LGC	Lognormal	0,63 0,45
Movimentação na Área de Embalagem (M_AE)	Movimentação do estoque na área de embalagem ou posicionamento de bobinas na máquina de bandagem	Momento que a PR#07 inicia a atividade da área de embalagem até posicionar a bobina na área de embalagem ou máquina de bandagem	Poisson	0,76
Área de Embalagem para o estoque/ carro de transferência (AE)	Retirada de bobinas da área de embalagem, para o estoque ou carro transferidor	Momento que a PR#07 inicia a atividade da área de embalagem até posicionar a bobina no estoque ou carro transferidor	Lognormal	1,715 0,59
Movimentação Estoque (ME)	Movimentação de bobinas na área de estoque/RDQ	Momento que a PR#07 inicia a atividade até posicionar as bobinas, e iniciar outra atividade	Binomial	5 0,47
Carro de Transferência (CT)	Retirada de bobina do carro de transferência e posicionar o material no leito de entrada da LPC ou estoque	Carro de Transferência até o Estoque/Leito de entrada da LPC	Binomial	5 0,50
Carregamento de Vagão (Carvag)	Carregamento de material no vagão	Medição de carregamento de cada bobina em separado	Binomial	7 0,39
Leito de desembalagem LPC (LD_LPC)	Retira o material já desembalado da área do leito de entrada da LPC e posiciona a bobina no berço da LPC	Leito de desembalagem até o berço da LPC	Lognormal	6 0,31
Produção LPC	Tempo de produção de bobinas LPC	o de puxada do material para produção na	Lognormal	2,83 1,25
Caçamba de Sucata (CSUC)	Retirada da caçamba de sucata do leito de embalagem da LGC para posicionamento no PE111, que aguarda ser esvaziada para retornar a LGC>	Medição do início da atividade até o posicionamento da caçamba no leito de embalagem da LGC	Fixed	720
Descarga de veículo PE 111 (Desc_PE111)	Retira a bobina do caminhão e posiciona no estoque	Tempo de descarga da bobina do caminhão até o posicionamento no estoque	Uniform	3 1
Saída de BZN para A02/LPC	Taxa de saída de bobina da LPC	Somatório dos tempos de saída das bobinas filhas da LPC1 , para encontrar tempo do abastecimento da LPC1	Lognormal	20 13,94
Taxa de saída de bobina da LGC	Taxa de saída de bobina da LGC	mpo de produção - dados do sistema Henc	Binomial	44 0,31

Tabela 02: Resultados estatísticos das amostras dos processos envolvidos

Conhecidas as distribuições e ajustes de curvas de cada processo necessário para o estudo, as informações foram inseridas no modelo computacional, com base no *ACD* já foi inserido previamente no *software* de simulação. Para o processo em questão foi utilizado o *software Simul8®* representado no Brasil pela *Simulate Tecnologia em Simulação Ltda.*

5.3 Construções do Modelo computacional

Com o ACD em mãos foi possível convertê-lo para o simulador. Montando o desenho no sistema, inserindo primeiramente os dados nos referidos *Work Center* (atividade), *Work Entry point* (entrada) e *Work Exit Point* (saída). A figura 34 demonstra a representação no modelo computacional.

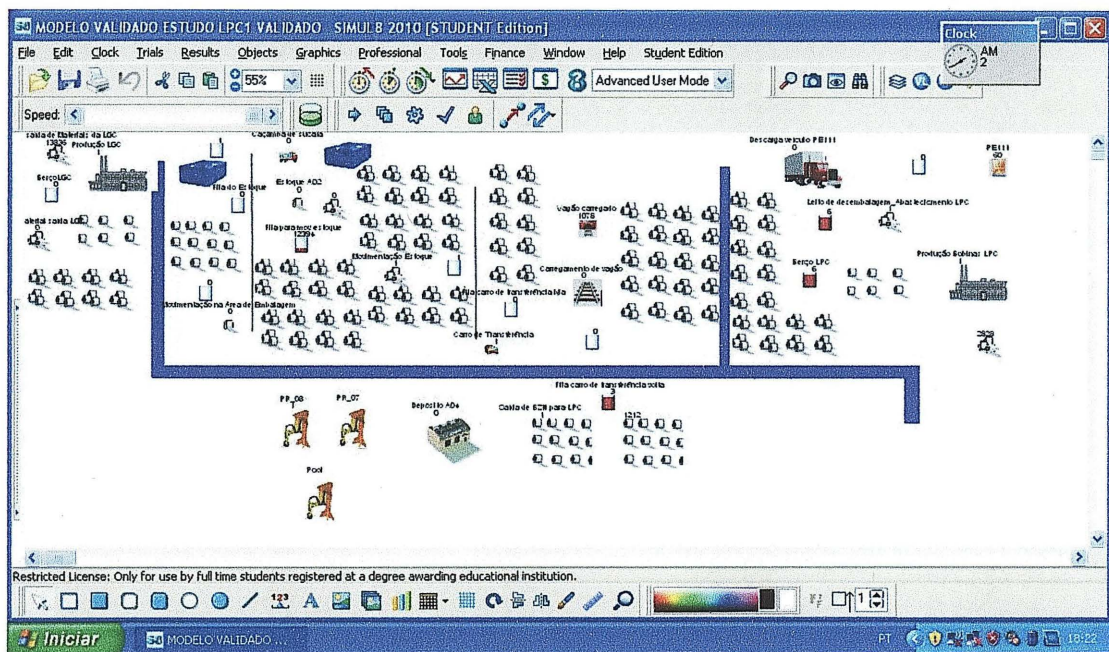


Figura 34: Representação do modelo computacional

É importante ressaltar que a simulação e aplicação da ferramenta não é apenas uma representação gráfica da situação em estudo. O resultado de todo o estudo e a aplicação dos mesmos deve ser o foco de todo e qualquer trabalho, onde a representação física em desenhos é um mero detalhe em toda a análise. Nesta condição não foi aplicado representação gráfica em 3 dimensões pois o objeto de estudo não era para representar uma venda de um projeto e sim o conhecimento do sistema e possíveis alternativas de melhorias.

Não que a representação física seja menos importante, ela faz parte da simulação, mas deve-se sempre buscar a melhoria e correta busca de dados para a representação do processo. Isso é o que realmente interessa.

Para cada *Work Center* (centro de trabalho) foi necessário adicionar um “recurso”, que são as atividades consideradas como secundárias no ACD e, antes de cada atividade, foi necessário acrescentar os *storages bins* (filas), pois nelas é que se concentram as filas de cada atividade. Cada item foi verificado antes de ser adicionado ao sistema de maneira ordenada para evitar falsos resultados no momento da simulação. Vários “*checks*” (verificação) são necessários para constatação de aplicação e ligação correta de todos os recursos e filas. Outro recurso aplicado foi o “*pooled resources*”, devido ao objeto de estudo, possuir duas pontes rolantes, onde estas dividem algumas atividades. Após aplicação no sistema, uma das formas de verificar se o modelo computacional estava de acordo com a situação física foi através da experiência dos colaboradores envolvidos no processo. Outra forma de verificação foi do número de produção diária de bobinas de aço que multiplicado pelo tempo de simulação pelo peso médio de bobinas, gerou um volume muito próximo ao real, comprovando que o sistema computacional estava de acordo com o real. Outra situação foi comparar a quantidade de bobinas carregadas em vagões, que confrontando com o volume já escoado anteriormente, reflete muito próximo da realidade. A revisão realizada com o grupo de trabalho que conhecia as atividades do local de estudo foi uma importante técnica de verificação e validação.

5.4 Execução da simulação e resultados obtidos

Algumas definições importantes são necessárias para começar a simulação, tais como: Quanto tempo será necessário rodar o sistema, quantas replicações (repetição de uma rodada de simulação) serão necessárias, premissas adotadas dentre outras situações. Foram configuradas as propriedades do relógio de simulação por meio da opção "*Clock|Clock Properties*". A unidade padrão do Simul8 é "minutos" (caso esta unidade seja alterada para segundos, horas ou dias, todos os tempos serão considerados nesta nova unidade), porém todo o modelo está baseado em minutos. Como período de simulação (*results collection period*), adotou-se 129.600 minutos, ou 3 meses, e como período de aquecimento (*warm-up*), adotou-se 14.400 minutos em uma operação 24h, 7 dias na semana ou seja, ininterrupta.

O período de *warm-up* é a fase inicial da simulação onde o sistema está se aquecendo. Durante o período de aquecimento, o simulador não gera estatísticas sobre o sistema. Logo, quanto maior o valor do *warm-up*, mais se está a favor da segurança.

Após o ajuste do relógio de simulação o estudo de movimentação finalmente pode ser iniciado. Apesar das distribuições e dos parâmetros de entrada serem os mesmos, como os números aleatórios gerados são diferentes, cada replicação terá uma saída diferente. Por isso o sistema foi rodado diversas vezes e verificado através dos "*KPI's*" (*key performance indicators*), traduzindo para o português: indicadores chave de *performance*), que se baseia como um relatório de todos os processos do estudo, de como o sistema se comporta, para então iniciar com o aprimoramento das necessidades de melhoria ou tomadas de decisão.

Antes de rodar o sistema, algumas premissas foram adotadas para finalizar a construção do modelo computacional, sendo elas:

1. Criação de *pooled resources*, ou seja, o auxílio da ponte rolante PR#08, em duas atividades primeiramente alocadas somente à ponte rolante PR#07, a retirada de materiais do berço da LGC para a área de embalagem e movimentação de bobinas na área interna de embalagem ou para o estoque;
2. Percentual de disponibilidade ("*availability*") da ponte rolante PR#07 é de 86,25% e da ponte rolante PR#08 é de 30%(informação do percentual baseado na experiência de profissionais da área, contabilizando os tempos de troca de turno, lanches e janta dos operadores);
3. Taxa de saída de materiais do estoque A04, para abastecimento da LPC1, foi considerada a soma dos tempos de produção final das bobinas filhas, para encontrar o tempo da bobina "mãe" de abastecimento;
4. Considerado troca de caçamba fixo em duas vezes ao dia, ou seja, uma vez a cada turno;
5. Descarga de veículos do portão 111, uniforme devido ao baixo volume de recebimento deste local, não foi possível coletar tempos suficientes para base de cálculo estatística. Premissa baseada no histórico de descarga do portão.
6. Para esse estudo, devido à limitação de sistema, foi considerado o mix de produção de construção civil e linha branca, sendo que construção civil tem uma média de produção de 400 a 500 t/dia e a linha branca tem um volume de 190 a 220 t/dia;
7. A velocidade da ponte rolante foi baseada em informações passadas pelo responsável pela manutenção das pontes, sendo constante de 90m/min.

8. Foi considerada também uma ordem de prioridade (*priority*) para atendimento das pontes rolantes para cada atividade em uma escala de 0 a 100, onde 100 são as atividades que devem ser atendidas primeiro;

Importante ressaltar, que a coleta de dados foi feita em um período de baixa de volume de vendas, alto volume de estoque, e parada de duas semanas da ponte rolante PR#07 para manutenção. Dados esses que podem influenciar no resultado. Caso a situação seja inversa, o ideal será realizar uma nova coleta de tempos para novamente viabilizar a simulação.

Foram eleitos 3 cenários a partir do atual dentre os vários simulados, para apresentação dos resultados e possíveis melhorias a serem sugeridas para a tomada de decisão:

Cenário Atual: Modelo da operação atual, conhecendo os gargalos e pontos possíveis de melhorias, ou melhor, “onde deveremos atuar”. Foi possível constatar os seguintes dados (quantidade de número de bobinas), conforme apresentado na tabela 03.

Atividade	Work Center Results	Low 95% Range	Average	High 95% Range	Vol. diário
Produção LGC	Number Completed Jobs	13806	13811	13817	921
	Waiting %	5,9	6,0	6,0	
	Working %	78,3	78,4	78,4	
Retirada Material saída LGC	Number Completed Jobs	13812	13818	13824	922
	Waiting %	82,4	82,5	82,6	
	Working %	9,6	9,6	9,6	
Movimentação na Área de Embalagem	Number Completed Jobs	11041	11063	11085	985
	Waiting %	89,8	89,9	90,0	
	Working %	7,5	7,5	7,6	
Estoque A02	Number Completed Jobs	14439	14453	14466	1607
	Waiting %	64,8	64,9	65,1	
	Working %	19,1	19,1	19,2	
Carro de Transferência	Number Completed Jobs	5071	5100	5129	570
	Waiting %	25,9	27,0	28,1	
	Working %	9,8	9,9	10,0	
Carregamento de vagão	Number Completed Jobs	998	1019	1040	116
	Waiting %	96,7	96,8	96,9	
	Working %	2,1	2,2	2,2	
Saída de BZN do A04 para A02	Number Completed Jobs	5071	5100	5129	570
	Waiting %	2,0	2,0	2,0	
	Working %	78,6	78,9	79,2	
Leito de desembalagem_ Abastecimento LPC	Number Completed Jobs	2814	2817	2820	313
	Waiting %	0,2	0,3	0,4	
	Working %	13,0	13,0	13,1	
Produção Bobinas LPC	Number Completed Jobs	2820	2822	2824	314
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	
	Working %	91,4	91,5	91,5	
Descarga veículo PE111	Number Completed Jobs	52	54	56	187
	Waiting %	9,4	9,4	9,4	
	Working %	0,1	0,1	0,1	
PR_07	Utilization %	71,3	71,4	71,6	
PR_08 (disp. Máxima 30%)	Utilization %	78,4	78,5	78,7	

Tabela 03: *Trials run* do cenário atual

Conclusão do Cenário Atual: O percentual atual de utilização da ponte rolante PR#07 sinalizou uma média de 71,48% da disponibilidade de 86,25%, já a ponte rolante PR#08 representou uma utilização média de 78,63% da disponibilidade dos 30% que foi estabelecido como premissa. Resultado este que representa exatamente o que era esperado, uma vez que este equipamento é utilizado para efetuar todas as atividades do armazém, com o auxílio da ponte rolante PR#08. Os dados foram validados através dos volumes escoados, produzidos e auxílio de profissionais da área.

Podemos concluir também conforme tabela 03, que as atividades “carro de transferência” e “saída de BZN do A04 para o A02”, totalizam 89,2% de atendimento a LPC1, sendo respectivamente 10% e 79,2%. Ou seja, tempo dedicado do recurso PR#07, a LPC1, e que poderia estar realizando outras atividades, como o carregamento de vagão que indica uma espera de atendimento de 96,9%. Outro ponto a ser analisado é o potencial de carregamento através do portão PE111, que conforme tabela 03, identifica baixa utilização. Como sugestão de melhoria, efetuar carregamentos através do portão PE111, potencializando o escoamento.

Cenário 1: Nesta situação, foi simulado um aumento de 30% no abastecimento da linha de pintura, ou seja, que a linha teria que ser abastecida em média a cada 36 minutos (dados esses confirmados pelos engenheiros da LPC#1). Considerando também um aumento em 30% de envio de materiais do depósito A04 para o A02, através do carro de transferência, aumento de 30% da produção do equipamento da galvanização LGC#1 e da descarga de veículos. Os resultados da simulação deste cenário estão representados tabela 04:

Atividade	Work Center Results	Low 95% Range	Average	High 95% Range	Volume diário
Produção LGC	Number Completed Jobs	17206	17214	17223	1148
	Waiting %	4,6	4,6	4,6	
	Working %	79,7	79,7	79,7	
Retirada Material saída LGC	Number Completed Jobs	17212	17221	17229	1149
	Waiting %	79,8	79,8	79,9	
	Working %	12,1	12,1	12,1	
Movimentação na Área de Embalagem	Number Completed Jobs	13751	13778	13805	920
	Waiting %	87,3	87,4	87,5	
	Working %	9,4	9,5	9,5	
Estoque A02	Number Completed Jobs	17790	17807	17823	1188
	Waiting %	53,4	53,5	53,7	
	Working %	23,5	23,6	23,6	
Carro de Transferência	Number Completed Jobs	5837	5859	5881	392
	Waiting %	52,5	53,8	55,0	
	Working %	11,3	11,4	11,4	
Carregamento de vagão	Number Completed Jobs	1114	1142	1171	130
	Waiting %	96,5	96,6	96,7	
	Working %	2,4	2,4	2,5	
Saída de BZN para LPC	Number Completed Jobs	5795	5817	5839	649
	Waiting %	2,2	2,2	2,3	
	Working %	89,7	89,9	90,2	
Leito de desembalagem_ Abastecimento LPC	Number Completed Jobs	3675	3683	3690	410
	Waiting %	3,3	3,6	4,0	
	Working %	5,2	5,2	5,3	
Produção Bobinas LPC	Number Completed Jobs	3759	3762	3765	418
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	
	Working %	91,4	91,4	91,5	
Descarga veículo PE111	Number Completed Jobs	74	77	79	262
	Waiting %	9,3	9,3	9,3	
	Working %	0,1	0,1	0,1	
PR_07	Utilization %	74	74	74	
PR_08 (disp. Máxima 30%)	Utilization %	79,6	79,8	79,9	

Tabela 04: Trial run do cenário 1.

Conclusão do Cenário 1: Neste cenário podemos verificar que o percentual da ponte rolante teve um pequeno aumento de utilização, passando para 74% da ponte rolante PR#07 e de 79,9% da ponte rolante PR#08. Porém conforme tabela 04, devido a esse aumento, a espera de atendimento pelo recurso de todas as atividades, reduziu significativamente, conforme apresentado na tabela 04, na descrição *waiting*. Nota-se

que o resultado do cenário 1, conforme tabela 03, ficou muito similar ao cenário atual, não sendo justificável a compra de mais uma ponte rolante para exercer as mesmas atividades, acrescidas de 30%. Por fim, se mantém a sugestão de melhoria de abertura do carregamento através do portão PE111, como sugerido na conclusão do cenário atual.

Cenário 2: Neste cenário, foi mantido o percentual de aumento de 30% das atividades, incluindo também o mesmo percentual de aumento para o carregamento de vagão. Foi excluída a operação de transferência entre os depósitos A04 e A02, simulado 100% da descarga pelo portão PE111. Foi retirado desta atividade a atual restrição de recebimento somente no período diurno, tornando-o 24h, com agendamento de descarga a cada duas horas. Como nesta situação há um planejamento de aumento do galpão em 900m², a velocidade da ponte rolante PR#07 foi reduzida de 90m/min para, 67,8m/min, conforme informações técnicas da engenharia responsável pelas pontes rolantes. Outra premissa adotada para o aumento de galpão é que a PR#07, por ter um aumento expressivo na descarga, deveria ser auxiliada em suas atividades pela PR#08 em ao menos mais três trabalhos: a retirada de bobinas para o estoque, movimentação de estoque e uma pequena porcentagem de carregamento de vagão.

Atividade	Work Center Results	Low 95% Range	Average	High 95% Range	Volume diário
Produção LGC	Number Completed Jobs	16995	17128	17260	1151
	Waiting %	4,5	4,6	4,6	
	Working %	78,7	79,3	79,9	
Retirada Material saída LGC	Number Completed Jobs	17002	17134	17267	1151
	Waiting %	70,4	71,0	71,6	
	Working %	12,3	12,4	12,5	
Movimentação na Área de Embalagem	Number Completed Jobs	13611	13710	13809	921
	Waiting %	78,8	79,0	79,2	
	Working %	9,4	9,5	9,6	
Estoque A02	Number Completed Jobs	17616	17733	17850	1190
	Waiting %	34,6	35,0	35,4	
	Working %	47,9	48,2	48,5	
Carregamento de vagão	Number Completed Jobs	1607	1619	1631	145
	Waiting %	93,6	93,7	93,8	
	Working %	3,4	3,4	3,5	
Leito de desembalagem_ Abastecimento LPC	Number Completed Jobs	1449	1461	1473	98
	Waiting %	70,2	70,5	70,8	
	Working %	2,0	2,1	2,1	
Produção Bobinas LPC	Number Completed Jobs	3644	3646	3649	243
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	
	Working %	91,4	91,4	91,5	
Descarga veículo PE111	Number Completed Jobs	6475	6493	6512	434
	Waiting %	60,5	60,6	60,8	
	Working %	32,5	32,6	32,7	
PR_07	Utilization %	80,9	81,1	81,3	
PR_08 (disp. Máxima 30%)	Utilization %	100,0	100,0	100,0	

Tabela 05: Trial run do cenário 2.

Conclusão do Cenário 2: Podemos concluir claramente que mantendo o aumento de produção, e alterando o *layout* de recebimento (que seria o ideal), o percentual da ponte rolante PR#07 aumenta para 81% para atendimento das atividades, podendo se tornar gargalo para toda a operação. Importante registrar também que a ponte rolante PR#08 trabalha em 100% dos 30% de disponibilidade no auxílio das atividades da PR#07, portanto também se tornando gargalo do processo, principalmente porque realiza outras atividades importantes. Uma alternativa para minimizar o gargalo seria aumentar a disponibilidade da PR#07, através de nova contratação de funcionários ou realocação destes, somente nos horários de lanche e almoço, para não ocorrer paradas tão prolongadas. Outra alternativa seria potencializar o carregamento rodoviário através do portão PE111 e do portão do acesso ferroviário, isso aumentaria a capacidade de embarque e principalmente o faturamento da empresa. O investimento em galpão, retirada do carro de transferência e ampliação do asfalto para a doca de acesso

ferroviário é de aproximadamente de R\$ 2.900.000,00. Lembrando apenas que a simulação trabalha sempre nos limites máximos dos processos, o que não indica que se apenas essas mudanças forem realizadas, o processo pára, porém a PR#07, nesta simulação do cenário 2, indica que em uma operação *full time*, a ponte irá operar na sua capacidade máxima.

Cenário 3: Nesta situação foi mantido a base do cenário 2, alterando a capacidade de carregamento de vagão em 5.000t / mês (que é o máximo possível de embarque) e o abastecimento da LPC1 considerando um tempo médio de 33min / bobina para incremento no mix de produtos de aço zincado para a construção civil, informações dadas pelo responsável da linha. Dessa forma foi simulado que a ponte rolante PR#08 iria auxiliar a ponte rolante PR#07 apenas nas atividades de retirada de materiais da galvanização e movimentação na área de embalagem. Outra modificação foi adicionar uma nova ponte rolante para atendimento a descarga de caminhão, abastecimento a LPC#1, carregamento de vagões e nas movimentações de estoque, tendo necessidade de criação de mais um "*poll resources*" para as pontes rolantes PR#07 e nova. A velocidade das pontes foi considerada para todas de 90m/min. Rodada a simulação segue abaixo na tabela 06 os resultados obtidos:

Atividade	Work Center Results	Low 95% Range	Average	High 95% Range	Volume diário
Produção LGC	Number Completed Jobs	17206	17214	17223	1148
	Waiting %	4,6	4,6	4,6	
	Working %	79,7	79,7	79,7	
Retirada Material saída LGC	Number Completed Jobs	17212	17221	17229	1149
	Waiting %	80,2	80,3	80,4	
	Working %	12,2	12,2	12,3	
Movimentação na Área de Embalagem	Number Completed Jobs	13751	13778	13805	1227
	Waiting %	87,7	87,7	87,8	
	Working %	9,5	9,5	9,5	
Estoque A02	Number Completed Jobs	18169	18179	18188	2021
	Waiting %	60,3	60,4	60,5	
	Working %	24,0	24,1	24,1	
Carregamento de vagão	Number Completed Jobs	2599	2630	2662	296
	Waiting %	93,0	93,1	93,3	
	Working %	5,5	5,6	5,6	
Leito de desembalagem_ Abastecimento LPC	Number Completed Jobs	3947	3950	3952	439
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	
	Working %	5,6	5,6	5,6	
Produção Bobinas LPC	Number Completed Jobs	3947	3950	3953	439
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	
	Working %	91,4	91,4	91,5	
Descarga veículo PE111	Number Completed Jobs	6475	6493	6512	724
	Waiting %	64,3	64,4	64,5	
	Working %	32,5	32,6	32,7	
PR_07	Utilization %	64,9	65,0	65,2	
PR_08 (disp. Máxima 30%)	Utilization %	78,8	78,9	79,0	
PR_nova	Utilization %	71,5	71,6	71,7	

Tabela 06: *Trial run* do cenário 3

Conclusão do Cenário 3: O percentual de todas as pontes se torna plenamente aceitável e de acordo com um volume muito alto de produção e carregamento de vagão. Importante ressaltar que adquirindo à nova ponte a capacidade de carregamento ferroviário passa a ser maior ou igual a 5.000 t / mês, mesmo com a situação atual de restrições de carregamento em vagões por questões comerciais, porém pode se tornar uma nova opção de carregamento rodoviário através do portão PE111 (além da descarga). Outro potencial de carregamento rodoviário seria através do portão de carregamento de ferroviário, porém demanda investimentos em pavimentação para acesso ao local. Portanto neste cenário há possibilidade de incrementar o fluxo de escoamento em dois portões. Existe ainda um estudo de construção de uma nova linha de pintura (LPC#2) e através desta simulação, nota-se que é plenamente possível atender toda a operação com a ampliação do galpão e da LPC#1. O investimento para concretização do cenário 3 seria, além dos valores aplicados no cenário 2, R\$ 2.900.00,00, e também a compra de uma nova ponte rolante, no valor de

aproximadamente R\$ 4.000.000,00, totalizando R\$ 6.900.000,00. Os valores são expressivos, porém justificáveis, considerando que ocorrerá capacidade máxima de carregamento de vagão/caminhão, aumento de produtividade das linhas e o percentual de nenhuma das pontes será ociosa, o ideal para a ampliação da LPC#1 e construção da LPC#2.

Conclusão final: Baseada no comparativo de resultados dos três cenários simulados, conforme apresentados na tabela 07, conclui-se que:

Atividade	Work Center Results	Atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Produção LGC	Number Completed Jobs	13817	17223	17260	17223
	Waiting %	6,0	4,6	4,6	4,6
	Working %	78,4	79,7	79,9	79,7
Retirada Material saída LGC	Number Completed Jobs	13824	17229	17267	17229
	Waiting %	82,6	79,9	71,6	80,4
	Working %	9,6	12,1	12,5	12,3
Movimentação na Área de Embalagem	Number Completed Jobs	11085	13805	13809	13805
	Waiting %	90,0	87,5	79,2	87,8
	Working %	7,6	9,5	9,6	9,5
Estoque A02	Number Completed Jobs	14466	17823	17850	18188
	Waiting %	65,1	53,7	35,4	60,5
	Working %	19,2	23,6	48,5	24,1
Carro de Transferência	Number Completed Jobs	5129	5881		
	Waiting %	28,1	55,0		
	Working %	10,0	11,4		
Carregamento de vagão	Number Completed Jobs	1040	1171	1631	2662
	Waiting %	96,9	96,7	93,8	93,3
	Working %	2,2	2,5	3,5	5,6
Saída de BZN do A04 para A02	Number Completed Jobs	5129	5839		
	Waiting %	2,0	2,3		
	Working %	79,2	90,2		
Leito de desembalagem_ Abastecimento LPC	Number Completed Jobs	2820	3690	1473	3952
	Waiting %	0,4	4,0	70,8	0,0
	Working %	13,1	5,3	2,1	5,6
Produção Bobinas LPC	Number Completed Jobs	2824	3765	3649	3953
	Waiting %	0,0	0,0	0,0	0,0
	Working %	91,5	91,5	91,5	91,5
Descarga veículo PE111	Number Completed Jobs	56	79	6512	6512
	Waiting %	9,4	9,3	60,8	64,5
	Working %	0,1	0,1	32,7	32,7
PR_07	Utilization %	71,6	73,7	81,3	65,2
PR_08 (disp. Máxima 30%)	Utilization %	78,7	79,9	100,0	79,0
PR_nova	Utilization %				71,7

Tabela 7: Resultado consolidado comparativo dos três cenários

O cenário atual representa um faturamento muito baixo através da ferrovia, em função de alto tempo de trânsito deste modal, restrição essa que impede um incremento no uso da ferrovia. Porém independente se o carregamento será via ferrovia ou rodovia, seria disponibilizado mais uma doca de escoamento aumentando a velocidade no carregamento e possível receita diária da empresa, conforme mostra a tabela 08.

Cálculos baseados apenas num possível aumento no carregamento ferroviário:

	Qtde vagões carregados ANO (6bobinas/vg)	Volume escoado FERRO ANO (média de 45t/vg)	Faturamento Ano (Preço médio de venda do BGL - R\$2.700,00/t)	Comparativo ganho x cenário atual ANO
Cenário Atual	694	31211	R\$ 84.269.543,29	R\$ -
Cenário 1	780	35116	R\$ 94.814.089,82	R\$ 10.544.546,53
Cenário 2	1088	48944	R\$ 132.147.855,71	R\$ 47.878.312,42
Cenário 3	1774	79851	R\$ 215.596.846,79	R\$ 131.327.303,50

Tabela 08: Comparativo de volume anual e faturamento entre os cenários simulados e o atual.

Podemos concluir que o cenário 3, traria um acréscimo considerável na velocidade e capacidade de carregamento diário, melhorando o nível de serviço e faturamento. A ampliação do volume de produção de 100mil para 130mil t/ano da LPC#1, seria totalmente suportado e os investimentos seriam justificáveis através dos novos potenciais de carregamento ferroviário e rodoviário. Conclui-se ainda que a ampliação da linha de pintura e do galpão para atendimento apenas com a ponte rolante PR#07, tornaria esse local o gargalo para a operação, por isso a necessidade de investimento em uma nova ponte rolante. Outras premissas foram sugeridas para a PR#07 atender sozinha o cenário 2, como a redução do carregamento de vagão, porém iria gerar menos receita para a empresa e dificuldades no escoamento de produtos, já que se perderia um ponto de escoamento. Lembrando que para produzir é preciso vender, e para vender é preciso escoar, logo aumentando a capacidade de carregamento, estaríamos melhorando o nível de serviço. Uma redução do atual gargalo de embarque

de produtos desse local atenderia ao crescimento do mercado de aço e atingiria com sucesso os objetivos de aumento de produção. Em um futuro próximo a construção de uma nova linha de pintura para atendimento exclusivo a linha branca também poderia ser confirmado com estes investimentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo teve início mediante ao crescimento do mercado atual de aço pré-pintado para atendimento a construção civil, linha branca e indústria automotiva. Para atendimento a esse crescimento, foi realizado um estudo interno na CSN-PR, concluindo que somente com a ampliação do equipamento de produção da linha de pintura da CSN – PR seria possível atender o mercado em ascensão. A partir daí iniciou-se um novo projeto de estudo do dimensionamento dos recursos logísticos para viabilizar esse crescimento de produção para atendimento a esse mercado. Como base de todo o processo, foi estabelecido que a partir do cenário atual, que seriam criados os possíveis cenários para a simulação e identificar oportunidades de melhoria.

Em face dessa estimativa de crescimento, principalmente as preparações para as Olimpíadas de 2012 e Copa do Mundo de 2014, podemos projetar um crescimento nas vendas e justificar novos investimentos na planta da CSN-PR como demonstrado no cenário 3, contudo aumentando sua capacidade de produção e carregamento, para viabilizar o aumento de produção, processos e faturamento da empresa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BANKS, J. Software for Simulation. In: Proceedings of the winter simulation conference, pp. 15-20, 1991.

BANKS, J. Simulation Languages and Simulators, In: Proceedings of the winter simulation conference, pp. 88-96, 1992.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações. 2 ed. São Paulo, 2007.

CHWIF, L. Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica, 1999.

CSN., Companhia Siderúrgica Nacional. Disponível em:
<<http://www.csn.com.br>>. Acesso em 30 nov. 2010.

EYKHOFF, P. System Identification: parameter and state estimation. Chichester, England, 1974.

FORRESTER, J. W. Principles of systems. Cambridge: Wright-Allen Press Inc., 1968.

HARREL, C. R.; TUMAY, K. Simulation made easy: a manager's guide. Norcross: Engineering and Management Press, 1995.

HILLIER, F. S.; LIEBERMANN, G. J. Introduction to Operation Research, 6 ed., McGraw Hill, 1995.

IAB, Instituto Aço Brasil. Disponível em:
<http://www.acobrasil.org.br>. Acesso em 05 dez. 2010.

ILOS, Instituto de Logística e Supply Chain. Disponível em:
<http://www.ilos.com.br>. Acesso em 05 dez. 2010.

MAZZIOTTI, B. W. Get More Mileage from Flexible Simulation. IIE Solutions, May 1996: pp. 54-63, 1996.

NIKOUKARAN, HLUPIC e PAUL. Criteria for simulation software Evaluation. Winter Simulation Conference, vol. 1, pp. 399-406, 1998.

ORMS Today. Simulation Software Survey. Disponível em:
<<http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation1.html>>. Acesso em 19 abr. 2009.

PIDD, M. Tools for thinking: modelling in management science. 4 ed., Chichester: John Wiley & Sons, 2000.

ROBINSON, S. Simulation: the practice of model development and use. Chichester: John Wiley & Sons, 2004

SILVA, A. K. Método para avaliação e seleção de *softwares* de simulação de eventos discretos aplicados à análises de sistemas logísticos. Dissertação de Mestrado. Escola politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, 2006.

SILVA, L. C. Simulação de processos. Disponível em:
<<http://www.agais.com/simula.htm>>. Acesso em 05 dez. 2010.

SILVA FILHO, U. M. Modelagem e Simulação da Movimentação de Bobina de Aço Pré-pintado na CSN Araucária PR. Monografia do MBA em Gerência de Sistema Logísticos DA UFPR. 2009.

TOCHER, K. D. The art of simulation. London: English Universities Press, 1963.

WIKIPÉDIA, Simulação. Disponível em:
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Simula%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em 12 nov. 2010.