

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Jederson Donizete Zuchi**

**PROPOSTA DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O**  
**PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO DA**  
**MANUFATURA A PARTIR DO CONCEITO DE OEE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. Walter Azzolini Junior  
Orientador

Araraquara, SP – Brasil  
2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

Z86p Zuchi, Jederson Donizete

Proposta de ferramenta computacional para o processo de tomada de decisão na gestão da manufatura a partir do conceito de OEE /Jederson Donizete Zuchi

Araraquara: Centro Universitário de Araraquara,  
2014.  
100f.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Walther Azzolini Junior

1. Suporte a Decisão. 2. Tomada de Decisão. 3. Custos. 4. Projetos de Melhorias.
5. OEE

CDU 62-1

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Zuchi, J.D. **Proposta de ferramenta computacional para o processo de tomada de decisão na gestão da manufatura a partir do OEE**. 2014. 100. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

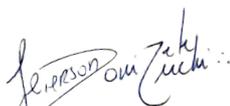
## ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jederson Donizete Zuchi

TÍTULO DO TRABALHO: Proposta de ferramenta computacional para o processo de tomada de decisão na gestão da manufatura a partir do OEE.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2014.

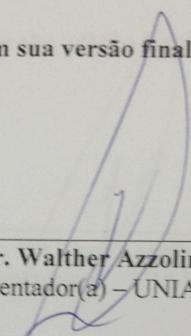
Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



---

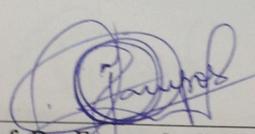
Jederson Donizete Zuchi  
Rua das Hortências, 416 – Jardim Primavera  
15910-000 – Monte Alto - SP  
jederson@sygnux.com.br

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:



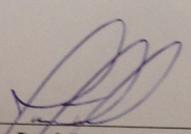
---

Prof. Dr. Walther Azzolini Junior  
Orientador(a) - UNIARA



---

Prof. Dr. Fernando Celso Campos  
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP



---

Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla  
Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

Araraquara, 27 de junho de 2014

Dedico esta dissertação, a meus pais, meu irmão e minha noiva que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis e de desânimos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que nos proporciona, seja de bom ou de ruim, as coisas ruins servem para o aprendizado e as boas para dar-nos forças para continuar sempre acreditando.

Agradeço a meus pais por abdicarem dos seus sonhos para que eu possa viver o meu.

Agradeço também à minha noiva, Fabiana Rossi Varallo por estar do meu lado, e também pela sua grande contribuição para com a dissertação.

Agradeço meu irmão de Mestrado Gustavo José Caçador que deu uma contribuição bastante justa e perfeita no que tange a minha dissertação e aos aprendizados do dia a dia.

Agradeço ao meu amigo de Mestrado Fábio Ferreira Cardoso, que contribuiu, e muito, para que este trabalho pudesse sair, seja no fornecimento de barrinhas de cereais e também no engrandecimento das discussões e debates.

Agradeço aos professores, em especial Professor e Orientador Dr. Walther Azzolini Junior que teve a paciência necessária e o grande conhecimento para colocar as palavras certas nos momentos corretos. E também ao professor Dr. José Luís Garcia Hermosilla que me fez encontrar a luz quando estava querendo desistir do mestrado.

Agradeço ao Professor Dr. Fernando Celso Campos pela contribuição a este trabalho.

Agradeço ao grupo de pesquisa composto pelos professores Dr. Walther, Dr. Hermosilla pelo Mestrando Gustavo Caçador e Fábio Cardoso.

E por fim, mas não menos importante, todos os professores e funcionários da UNIARA por proporcionar-nos condições de chegarmos a esse patamar.

“O seu tempo é limitado, então não gaste vivendo a vida de um outro alguém”.  
Steve Jobs.

Esta dissertação desenvolvida a partir do objeto de estudo Empresa do setor de Metal Mecânico somente foi possível com a autorização da Diretoria da Empresa e do apoio do Programa Nacional de Pós-Doutorado - *PNPD/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP* de acordo com o escopo do projeto “Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção”, coordenado pelo Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, líder do grupo de pesquisa *TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção* com a participação do recém Dr. Fábio Ferraz Junior.

## RESUMO

A grande massa de dados gerados pelos sistemas transacionais acarreta em informações desencontradas e por muitas vezes levam os gestores a tomadas de decisões equivocadas, por vezes, baseando-se em sua casuística pessoal. Outro ponto a ser ressaltado, é que, as empresas necessitam sempre melhorar o nível produtivo para atendimento ao seu negócio e desta forma, é salutar que o seu nível produtivo se maximize, minimizando os custos. Diante deste cenário, o presente trabalho buscou desenvolver uma ferramenta de consolidação dos dados de manufatura para seleção de projetos de melhoria produtiva, levando em consideração, não somente o nível de produtividade dos equipamentos, mas os custos envolvidos para que a gestão tenha embasamento em sua decisão. Uma vez que o gestor tenha informações consolidadas e gráficas em mãos, a tomada de decisão pode fluir melhor minimizando as chances de erros, aumentando também a velocidade com que as decisões são tomadas e norteando a empresa a buscar uma integração vertical entre os níveis hierárquicos.

Para o desenvolvimento deste trabalho, adotou-se como estratégia de pesquisa modelagem apoiada nas metodologias de desenvolvimento de sistemas computacionais.

Através deste estudo, conseguiu-se atingir o objetivo do desenvolvimento da ferramenta, demonstrando ser totalmente possível uma ferramenta computacional para auxiliar no processo de consolidação dos dados de manufatura para a seleção de projetos de melhorias, uma vez que, com a geração de gráficos por custos, por horas e a integração entre as máquinas a tomada de decisão fica mais evidente.

***Palavras-chave:*** Suporte a Decisão, Tomada de Decisão, Custos, Projetos de Melhoria, OEE.

## ABSTRACT

*The large body of data generated by transactional systems leads to disjointed information and it often conducts managers to make misleading decisions, sometimes relying on a case-by-case analysis. Another point to be highlighted is that companies always need to improve their business productive level and thus it is beneficial for this level of production to be maximized, minimizing costs. Based on this scenario, the present study sought to develop a tool to consolidate manufacturing data for the selection of projects to improve production, taking into account not only the level of productivity of the equipment, but also the costs involved in this process so that the company's management holds a solid basis for decision making. Once the manager has consolidated and graphical information in hand, decision making can flow better, minimizing chances of errors, also increasing the speed in which decisions are made and guiding the company to pursue a vertical integration among the hierarchical levels.*

*For the development of the present work, modeling was adopted as the research strategy based on methodologies for computational systems development.*

*Through this study, it was possible to achieve the goal of developing the tool, demonstrating to be entirely possible for a computational tool to assist in the consolidation of manufacturing data process for the selection of improvement projects, since the generation of graphs by costs, by hours and the integration between machines will make decision making more evident.*

**Key-words:** Decision Support, Decision Making, Costs, Improvement Projects, OEE.

## Lista de figuras

Figura 1 – Níveis Hierárquicos organizacionais.....	21
Figura 2 – Estrutura de um Sistema ERP I.....	27
Figura 3 – Integração utilizando <i>E-Manufacturing</i> .....	39
Figura 4 – Arquitetura e integração do <i>e-manufacturing</i> .....	50
Figura 5 – Formulário de <i>inputs</i> para dos cenários.....	53
Figura 6 – Fluxo necessário para apresentação gráfico de Estudo de Capacidade.....	55
Figura 7 – Desdobramento do Volume de Produção em KG.....	56
Figura 8 – Fluxograma da valorização para o Gráfico Pareto de Custo.....	61
Figura 9 – Gráfico por unidade de tempo (unidade – horas) para o equipamento Extrusora 1.....	63
Figura 10 – Gráfico de custo (unidade monetária Real) para o equipamento Extrusora 1.....	63
Figura 11 – Diagrama de <i>Use Case</i> de Manter Equipamentos.....	64
Figura 12 – Diagrama de <i>Use Case</i> de Localizar Equipamento.....	66
Figura 13 – Diagrama de <i>Use Case</i> de Manter Unidades de Medida.....	67
Figura 14 – Diagrama de <i>Use Case</i> de Manter Tipos de Parada.....	69
Figura 15 – Localizar um Tipo de Parada.....	69
Figura 16 – Diagrama de <i>Use Case</i> de Manter Cenário.....	70
Figura 17 – Diagrama de <i>Use Case</i> – Localizar Cenário.....	72
Figura 18 – Formulário de Cadastro de Equipamentos.....	73
Figura 19 – Formulário Principal do <i>Software</i> Proposto.....	74
Figura 20 – Formulário de Unidades de Medida.....	75
Figura 21 – Formulário de Tipos de Paradas.....	75
Figura 22 – Paradas do equipamento extrusora 1.....	78
Figura 23 – Paradas da laminadora 1.....	79
Figura 24 – Paradas da impressora 1.....	79
Figura 25 – Paradas da impressora 2.....	79
Figura 26 – Paradas da cortadeira 1.....	80
Figura 27 – Paradas da cortadeira 2.....	80
Figura 28 – Paradas cortadeira 3.....	80
Figura 29 – Paradas da cortadeira 4.....	81
Figura 30 – Gráfico gerado pelo protótipo do <i>software</i> sobre o estudo da capacidade.....	82
Figura 31 – Gráfico de Pareto das paradas não programadas do equipamento extrusora 1.....	84
Figura 32 – Total das perdas não programadas de todos os equipamentos.....	85
Figura 33 – Pareto das perdas agrupadas por equipamento.....	87

Figura 34 – Valor do custo das perdas das paradas programadas do equipamento extrusora 1 .....	87
Figura 35 – Valor total de custo de todas as paradas considerando todos os equipamentos .....	88
Figura 36 – Gráfico dos custos de todas as paradas agrupadas por equipamento .....	88
Figura 37 – Gráfico do estudo da capacidade após lançamentos de projetos de melhoria.....	89

## Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1 – Estrutura Metodológica. ....	19
Quadro 2 – Siglas que compõem o módulo MRP-II .....	27
Quadro 3 – Proposta de protótipo de <i>software</i> baseada na literatura .....	44
Quadro 4 – Variáveis para o item 2 do formulário de cenários.....	54
Quadro 05 – Valoração dos tipos de paradas. ....	61
Quadro 6 – Descritivos do <i>use case</i> de equipamentos.....	65
Quadro 7 – Descritivo do <i>Use Case</i> – Localizar Equipamentos. ....	66
Quadro 8 – Descritivo de Manter Unidades de Medida. ....	67
Quadro 9 – Descritivo do Use Case Tipos de Paradas .....	68
Quadro 10 – Descritivo do <i>Use Case</i> localizar Tipo de Parada. ....	70
Quadro 11 – Descritivo do Diagrama de <i>Use Case</i> Manter Cenário.....	71
Quadro 12 – Descritivo do <i>Use Case</i> – Localizar Cenário.....	72
Quadro 13 – Cadastro que serão imputados no cadastro de equipamentos.....	76
Quadro 15 – Cadastro dos equipamentos do cenário, não considerando custo.....	78
Quadro 16 – Variáveis de custo para a geração dos gráficos de custo.....	86

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

APS – *Advanced Planning and Scheduling*

CRM – *Customer Relation Management*

CRP – *Capacity Requirement Planning*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCS – *Finite Capacity Scheduling*

IEG – *Índice de Eficiência Global*

MES – *Manufacturing Execution System*

MRP – *Material Resource Planning*

MRP II – *Manufacturing Resource Planning*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PIMS – *Plant Information System*

PLC – *Programmable Logic Controller*

RCCP – *Rough-Cut Capacity Planning*

RRP – *Resource Requirements Planning*

S&OP – *Sales Operation and Planning*

SCADA – *Supervisory Control and Data Aquisition*

SCM – *Supply Chain Management*

SFCS – *Shop Floor Control System*

XML – *Extensible Markup Language*

## Sumário

1. Introdução.....	14
1.1 Questão da Pesquisa .....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral .....	17
1.3 Justificativa .....	17
1.4 Aspectos metodológicos da pesquisa.....	18
1.5 Estrutura do Trabalho. ....	19
2. Revisão Bibliográfica .....	20
2.1 Níveis Hierárquicos Organizacionais .....	20
2.2 Sistemas de Informação .....	21
2.2.1 Evolução da tecnologia da informação.....	22
2.3 Sistemas Computacionais no auxílio a tomada de decisão.....	25
2.4 Sistemas para tomada de decisão operacional .....	26
2.4.1 – Enterprise Resource Planning (ERP).....	26
2.5 <i>Manufacturing Execution System</i> (MES) .....	29
2.6 <i>Plant Information Management System</i> – PIMS .....	31
2.7 <i>Sistemas de Medição de Desempenho Organizacional</i> (SMD) e <i>Sistemas de Gestão de Desempenho</i> ( <i>Performance Management System</i> – PMS).....	33
2.8 <i>E-Manufacturing</i> .....	38
2.9 <i>Business Intelligence</i> (BI).....	41
2.10 Considerações finais da seção .....	42
3. Metodologia da Pesquisa .....	46
3.1 Classificação do Estudo .....	46
3.2 Descrição do processo de desenvolvimento do protótipo de software .....	48
4. Desenvolvimento do protótipo do <i>Software</i> .....	51
4.1 Projeto do Sistema .....	51
4.2 Proposta e Desenvolvimento do <i>Software</i> .....	51
4.3 Funcionalidades do <i>Software</i> .....	51
4.4 Processamento de informações e Geração de Gráficos .....	55
4.5 Diagramas de Use Case .....	64
4.5.1 Diagrama de Equipamentos .....	64
4.5.2 Localizar Equipamentos .....	65
4.5.3 Diagrama de Unidades de Medida.....	66

4.5.4 Diagrama de Caso de uso de Manter Tipos de Parada .....	68
4.5.5 Diagrama de <i>Use Case</i> Localizar Tipo de Parada .....	69
4.5.6 Diagrama de <i>Use Case</i> – Manter Cenário .....	70
4.5.7 Diagrama de <i>Use Case</i> Localizar Cenário .....	72
4.6 Formulários do Sistema .....	73
4.7 Simulação do cenário e gráficos apresentados pelo sistema.....	76
5 Conclusão .....	90
5.1 – Limitações do Trabalho .....	90
5.2 – Trabalhos Futuros .....	91
Referências Bibliográfica. ....	92

## 1. Introdução

No Brasil, o desenvolvimento da tecnologia da informação (TI) como instrumento ou ferramenta de controle de dados e de informação no mundo empresarial, representa um avanço. De um lado a integração da comunicação com clientes e fornecedores e do outro a prestação de contas no âmbito fiscal para com as diferentes esferas governamentais.

Diante deste fato para o gerenciamento dos negócios é necessário que haja informações. A facilidade com que o fluxo de informações chega até o gestor é um aspecto fundamental para o sucesso empresarial (FERNANDES, 2004).

A função principal de um sistema de informações é disponibilizar informação precisa em tempo real o que a caracteriza como uma tarefa especializada que pode variar de organização para organização, ou seja, requer um fluxo de informações constante transmitido de uma maneira ágil (PINTO JUNIOR, 2007).

O avanço da tecnologia da informação proporcionou as condições necessárias para a transmissão constante e ágil do fluxo de informações, o que resultou no mundo contemporâneo no acúmulo de uma massa de dados robusta na grande maioria das organizações. Contudo, Fortulan e Gonçalves Filho (2005) destacam que muitas empresas não sabem o que fazer com a massa de dados que os sistemas transacionais geram, desconhecendo o uso desta matéria prima para a geração de informações úteis à gestão do negócio. Complementando esta afirmação Möller *et al.* (2013) salientam que a competitividade empresarial, depende em larga escala do desempenho de seu processo interno cujas decisões são tomadas em cunho operacional e gerencial, necessitando desta forma de informações cuja geração parte dos sistemas transacionais.

Gestores em geral estão sujeitos diariamente a altos volumes de dados e sem uma consolidação adequada para o suporte à decisão. Neste contexto, consideram sua casuística pessoal, o que pode, na maioria das vezes, tornar o processo decisório equivocado, já que esta atividade é uma tarefa complexa (NAPOLI *et al.*, 2006).

Fischmann e Zilber (2000) relatam que o efeito da globalização em conjunto com o avanço da tecnologia de processo e de produto desenvolvida, principalmente, com as ferramentas de TI, impôs aos empresários e gestores a necessidade de se prepararem com instrumentos gerenciais, técnicas e métodos para a tomada de decisão mais sofisticados com o propósito de garantir a disponibilidade da informação em tempo hábil e com mínima possibilidade de erro.

Diante dos fatos mencionados houve um aumento extraordinário da velocidade com que a dinâmica dos negócios se altera. Deste modo, com o apoio oferecido pela TI, os gestores necessitam cada vez mais do apoio dessas ferramentas para as tomadas de decisões diárias. O uso da TI permite que o gestor tenha acesso à informação atualizada quase que imediatamente, mesmo que mudanças ocorram de modo instantâneo, o que requer a sua atualização com uma frequência muito maior do que alguns anos atrás (FERNANDES, 2004).

Alvim (1998) destacava que é importante ter a informação correta, no momento correto, na velocidade desejada e conseqüentemente ao menor custo possível. Salientava ainda que em uma sociedade onde antecipar às expectativas do futuro passou a ser um diferencial para o sucesso, a velocidade da informação tem que atender às expectativas.

March e Hevner (2007) afirmam que o processo de tomada de decisão se tornou comum em todos os níveis empresariais, no entanto, não é levada em consideração a organização como um todo. Desta forma, os mesmos autores exemplificam que, quando um gerente de vendas resolve dar um desconto para fechar um determinado negócio, o impacto do desconto nos indicadores de venda deve ser positivo, mas no setor financeiro, o desconto pode ou não comprometer os lucros.

Um exemplo dessa limitação são os sistemas transacionais, capazes de gerar um volume de dados robusto com pouca capacidade do uso deles com o propósito de apoiar o processo de tomada de decisões gerenciais. É com o objetivo de suprir essa lacuna que empresas desenvolvedoras de aplicativos para o nível gerencial passaram a direcionar esforços para o desenvolvimento de ferramentas computacionais capazes de manipular e consolidar tais dados para fins específicos.

No entanto, segundo Fortulan e Gonçalves Filho (2005) a grande maioria dos sistemas disponíveis no mercado que auxiliam no processo de tomada de decisões gerenciais são mais voltados para os departamentos administrativos das empresas, ficando uma lacuna no atendimento à gestão estratégica de produção.

Mesmo assim apesar de vários ambientes empresariais terem sistemas automatizados, ainda existem problemas na integração dos *softwares* ERP, principalmente os relacionados às interfaces das ferramentas que interligam o chão de fábrica (HOAG, 2002). Para suprir esta lacuna no suporte à tomada de decisão para o chão de fábrica foram criados os sistemas de execução de manufatura (MES).

Os sistemas MES tem por objetivo tratar de forma integrada os sistemas de controle de processo, lidando com o melhor direcionamento do fluxo produtivo e decidindo em que momento a produção deve iniciar (VALCKENAERS E BRUSSEL, 2005). Segundo os mesmos autores, o MES deve lidar com as falhas do fluxo produtivo, indicando a melhor solução para o problema.

No entanto, em dois estudos de caso realizados por Koch *et al.* (2010), os autores sugerem que o MES é utilizado somente como apoio à decisão de maneira pontual para o chão de fábrica, não abrangendo de uma forma sistemática toda a organização, e desta forma, não contribuindo para o suporte decisório no nível estratégico da empresa.

Corroborando com Koch *et al.* (2010), Lee *et al.* (2013) afirmam que os sistemas atuais que são utilizados na produção devem se capacitar para uma análise mais aprofundada de vários dados de equipamentos e processos. Os mesmos autores citam como exemplo os sistemas de coletas de dados OEE, de tal forma que os mesmos só fornecem o *status* de eficiência do equipamento, não dando uma visão clara dos custos envolvidos na manutenção certo nível do próprio índice.

Arafa e ElMaraghy (2011) compartilham de opinião semelhante quando apontam a necessidade de integração sistêmica na tomada de decisão quando afirmam que a estratégia produtiva não pode estar isolada da estratégia do resto da organização.

Os mesmos autores definem estratégia de produção como um padrão de decisões que determina a capacidade de um sistema de produção no atendimento aos objetivos concernentes às estratégias do negócio.

Há também outra classe de sistema que pode auxiliar no processo de tomada de decisão que são os sistemas de planejamento empresarial ou sistemas corporativos de gestão (*Enterprise Resources Planning – ERP*). Os sistemas ERP trazem dois grandes benefícios para as organizações que são:

- 1) Uma maior integração entre todos os departamentos da empresa, otimizando informações, transformando a empresa em um ambiente holístico (UMBLE *et al.*, 2003; NIEUWENHUYSE *et al.*, 2011).; e
- 2) Uma base de dados centralizada e unificada, com todos os dados da empresa centralizados e banco de dados relacional (UMBLE *et al.*, 2003; NIEUWENHUYSE *et al.*, 2011; FERREIRA *et al.*, 2011).

Um projeto de *software* bem implementado, pode garantir redução de custos operacionais, previsões mais precisas de demanda, além de melhorar o nível de informações para a empresa, já que supostamente elimina redundância de informações (UMBLE *et al.* 2003; JOSHI *et al.* 2013).

No entanto, segundo Holsapple e Sena (2005) os sistemas ERP podem auxiliar no processo de tomada de decisão, mas para isso, devem ser projetados com esse propósito. Nieuwenhuysen *et al.* (2011) constatam que os sistemas ERP atuais ainda estão mal equipados para o auxílio à tomada de decisão. Outra limitação apontada para os ERP é seu custo elevado para a maioria das empresas, principalmente para as de pequeno porte, visto as somas necessárias para licenciamento, consultoria e treinamento para a implantação do *software* (AL-MASHARI, 2003; STEFANOUS, 2014).

Desta forma, pode-se concluir que apesar de ser possível, segundo alguns autores, o sistema ERP não é o mais indicado para a tomada de decisão de uma maneira ágil, visando desta forma a integração sistêmica para a tomada de decisão em tempo ágil. O presente trabalho aborda a questão da proposta de desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão a ser aplicado à Gestão da Manufatura, levando em consideração a visão integrada do chão de fábrica e o fator tempo.

## **1.1 Questão da Pesquisa**

Como uma ferramenta computacional auxiliaria no suporte à tomada de decisão, utilizando a consolidação de dados de manufatura para a seleção de projetos de melhoria na produção?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver uma ferramenta computacional de apoio à tomada de decisão no processo de Gestão de Manufatura, a partir dos conceitos relacionados ao uso do OEE.

## **1.3 Justificativa**

Na tomada de decisões os gestores se utilizam de informações para traçar diretrizes da empresa. Sendo assim o estabelecimento destes parâmetros para garantir a disponibilidade dessas informações aos interessados são elementos importantes para o futuro da organização (PINTO JUNIOR, 2007).

Ter informações em mãos é uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão (FORTULAN E GONÇALVES FILHO, 2005).

Fernandes (2004) salienta que toda a atividade de uma empresa é administrada com base nas informações, e que, cada vez mais é fator determinante para o sucesso empresarial.

Uma forma de administrá-las é por meio de sistemas de informações, que fornecem uma maneira pela qual a vantagem competitiva pode ser adquirida (AVISON *et al.*, 1999).

Neto (2006) afirma que maneira ágil de construir conhecimentos e transmiti-los para toda organização se dá com:

- 1) A conceituação de processos (atividades interligadas e ordenadas, de modo a resultar em algum objetivo esperado) e,
- 2) Com o entendimento de suas técnicas de construção.

A elaboração de informações é uma tarefa que exige muitas variáveis que mudam de organização para organização, sendo necessária uma atualização constante, de tal forma a não haver acúmulo de informações (PINTO JUNIOR, 2007).

Ferramentas computacionais necessitam de uma nova abordagem para garantir uma integração entre os *softwares* para que a tomada de decisão aconteça de forma eficiente e transparente (TERAN *et al.*, 2013).

Segundo Hoag (2002) muitas falhas de performance na fábrica são devidos a atrasos, complicações e redundâncias de informações.

Para sanar este viés o autor sugere que seja adotado um *software* automatizado para integração dos sistemas, aumentando desta forma a confiabilidade entre as complexas redes de negócios que uma empresa pode ter.

#### **1.4 Aspectos metodológicos da pesquisa**

A pesquisa parte de um sistema de informações utilizado na tomada de decisão para alocação de projetos de melhorias de processos produtivos. Este sistema não conta com procedimentos integrados, no entanto, considera fatores importantes na tomada de decisão como custos (aspecto esse muitas vezes negligenciado pelos demais sistemas usuais).

O propósito deste trabalho é efetuar a integração destes procedimentos operacionais utilizados, com o uso de ferramentas computacionais, sistematizando as ações e agregando funções que permitam a geração de simulações de cenários de desempenho do chão de fábrica, o que possibilita ao gestor ter uma visão mais ampla, crítica e antecipada das situações de melhoria a serem propostas.

A pesquisa, classificada como uma modelagem é de natureza qualitativa e toma como base teórica a revisão bibliográfica de sistemas da informação para a concepção do *software*. Quanto aos dados utilizados para o desenvolvimento e construção do sistema, o trabalho apoia-se em uma base de dados descrita na dissertação de Caçador (2014) de uma empresa de grande porte do ramo de embalagens flexíveis. De acordo com Miguel (2012) a classificação da pesquisa é demonstrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura Metodológica.

Ponto de Vista	Tipo
Tipo de Abordagem	Modelagem
Objetivo	Exploratória
Abordagem	Qualitativa
Análise Temporal	Transversal
Procedimento	Pesquisa Bibliográfica

Fonte: Próprio Autor (2014).

A seção 3 – Metodologia da Pesquisa – apresenta um detalhamento metodológico do processo de desenvolvimento do protótipo de software.

### 1.5 Estrutura do Trabalho.

O presente trabalho está estruturado em seções e subseções. Na seção 2 é abordado o levantamento bibliográfico com as subseções de: 2.1 - Níveis hierárquicos organizacionais, 2.2 - sistemas de informação, 2.3 sistemas computacionais no auxílio a tomada de decisão, 2.4 Sistemas para tomada de decisão operacional, 2.5 – *Manufacturing Execution System* (MES), 2.6 – *Plant Information Management System* (PIMS), 2.7 – Sistema de Medição de desempenho organizacional e sistema de gestão de desempenho, 2.8 – *E-Manufacturing*, 2.9 – *Business Intelligence* (BI), 2.10 – *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e 2.11 – Considerações Finais da seção. Na Seção 3 é abordado a metodologia de pesquisa, na seção 4 o desenvolvimento do protótipo de software e na seção 5 as considerações finais.

## 2. Revisão Bibliográfica

Nesta seção será abordado o levantamento bibliográfico realizado para o desenvolvimento da fundamentação teórica da dissertação.

### 2.1 Níveis Hierárquicos Organizacionais

É importante destacar, que a revisão bibliográfica realizada neste capítulo tem como tema de pesquisa central a TI aplicada à gestão da produção de empresas fabricantes de produtos tangíveis e não de serviços. Embora a correlação do uso da TI em empresas de transformação de matéria prima em produtos tangíveis e de serviços possa ser evidente, quando abordado algumas particularidades da operação se tornam evidentes.

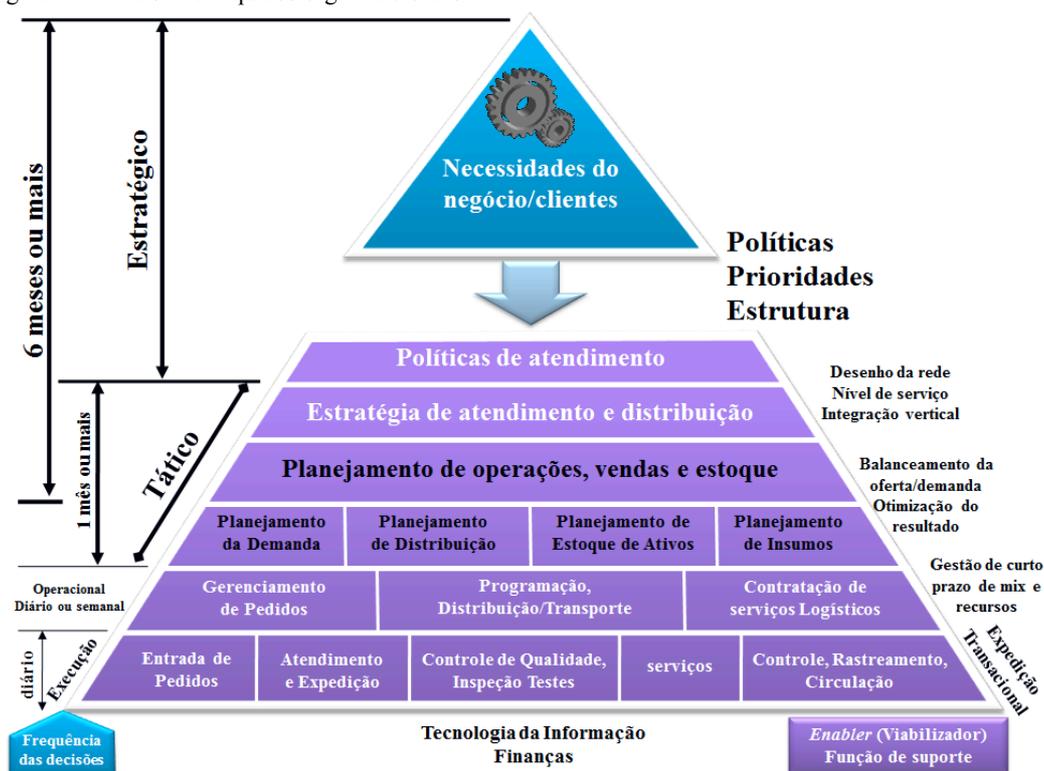
Não é objetivo desse trabalho abordar o segmento de serviços. Nesse contexto, atualmente a concepção e execução de um projeto de TI em empresas industriais representa para esse tipo de organização um enorme desafio uma vez que há na literatura e no mercado um número significativo de aplicativos computacionais com diferentes funcionalidades e atribuições a serem exploradas no escopo do projeto de TI aderentes à gestão corporativa das empresas contemporâneas.

O presente trabalho, de acordo com o seu propósito do desenvolvimento de um protótipo de ferramenta computacional de apoio ao processo de tomada de decisão, compreende com relação à revisão bibliográfica três aspectos principais:

- 1) Desenho do fluxo geral da rotina das atividades executadas na gestão da produção contida no escopo de um processo muito mais amplo definido como gestão corporativa;
- 2) Descrição das principais ferramentas computacionais aplicadas nos diferentes níveis hierárquicos de gestão das organizações, representados na Figura 1 de Fleury e Fleury (2000); e
- 3) Definição de sistemas de informação, sistemas de informação gerenciais e sistemas de informação de inteligência do negócio.

O objetivo, contudo, é a partir da fundamentação teórica definir parâmetros consistentes para o desenvolvimento do protótipo de *software* proposto, de modo a contribuir com um *insight* para com o tema de pesquisa.

Figura 1 – Níveis Hierárquicos organizacionais



Fonte: Fleury e Fleury (2000).

## 2.2 Sistemas de Informação

Sistema de informação é um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização (SIQUEIRA, 2005; LAUDON e LAUDON, 2007).

Desta forma passaram a fazer parte de todas as atividades diárias de uma organização visto a importância que estes sistemas têm nas organizações contemporâneas (O'BRIEN E MARAKAS, 2010).

O'Brien e Marakas (2010) afirmam que sistemas de informação constituem-se não somente de sistemas computacionais, mas de uma série de outros elementos tais como pessoas, *hardwares*, redes de comunicação, procedimentos e políticas dentre outros elementos que contribuem para seu funcionamento.

Laudon e Laudon (2007) afirmam que há três dimensões dos sistemas de informação a serem consideradas:

- 1) **As organizações** – constituídas de estrutura e infraestrutura;
- 2) **As pessoas** – detentoras do conhecimento ou *know-how* dos processos de negócio, tecnologia dos processos de fabricação e tecnologia dos produtos fabricados pela empresa. Um projeto efetivo da TI a ser concebido pela organização deve atender as necessidades operacionais das pessoas quanto ao exercício das funções que exercem;
- 3) **A Tecnologia da Informação** – compreende basicamente hardware, software e tecnologia de comunicação e de redes.

Diante da evolução dos sistemas produtivos, e da grande concorrência em que as empresas estão inseridas, os sistemas de informação evoluem rapidamente (FERREIRA, 2011) para dar suporte ao ambiente ao qual estão inseridos. Desta forma são capazes de processarem dados em informações de uma maneira mais eficiente, gerando assim um melhor suporte para a tomada de decisão.

### **2.2.1 Evolução da tecnologia da informação**

Nas últimas décadas um dos marcos da evolução da TI foram os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP). De acordo com Oliveira e Hatakeyama (2012), o ERP tornou-se oportunamente uma das mais importantes ferramentas utilizadas na gestão corporativa dos negócios.

Com o objetivo de descrever o processo de evolução do desenvolvimento da TI aplicada com ênfase à Gestão da Produção, Azzolini Jr. e Ferraz Jr. (2012), com base na literatura, propõe uma abordagem dividida em três fases:

- 1) Primeira fase da evolução da TI aplicada à gestão industrial: ênfase dada às “Técnicas Aplicadas” no planejamento e controle da Gestão Industrial;
- 2) Segunda fase da evolução da TI aplicada à gestão industrial: ênfase dada às “Funcionalidades” necessárias à execução das atividades inerentes do planejamento e controle da Gestão Industrial;
- 3) Terceira fase da evolução da TI aplicada à gestão industrial: ênfase dada aos “Processos” executados no planejamento e controle da Gestão Industrial.

Ainda de acordo com Azzolini Jr. e Ferraz Jr. (2012) a primeira fase da evolução da TI aplicada à gestão industrial representa as várias iniciativas de estudos aplicados, relacionados à Gestão da Produção, do início do século XX até a década de 1980, que manteve a ênfase na “Técnica”.

Nesta fase surgiu uma classe de sistemas chamadas *Material Requirements Planning* (MRP), que tinham como objetivo a programação das matérias primas necessárias para a produção (ABDINNOUR-HELM *et al.*, 2003). Houve então uma evolução natural destes sistemas para os sistemas *Closed-Loop Material Requirements Planning* (CL-MRP).

Nos Sistemas CL-MRP, além das funcionalidades presentes no MRP (Plano mestre de Produção, Lista de materiais e Estoques), foram adicionadas também os roteiros de fabricação e centros de produção. Desta forma, era possível iterar entre as possibilidades de alocação de recursos de máquinas a fim de se chegar a um plano viável para execução da produção (LAURINDO E MESQUITA, 2000).

Azzolini Jr. e Ferraz Jr. (2012) afirmam que após o desenvolvimento dos sistemas CL-MRP houve uma evolução natural e o desenvolvimento de sistemas *Distribution Requirements Planning* (DRP). Caracterizando, desta forma, um avanço importante da TI no uso de funcionalidades específicas à gestão de materiais quanto ao planejamento do abastecimento e distribuição dos materiais a serem manipulados na operação em ambiente fabril.

Com a evolução natural dos sistemas MRP na década de 1980, surgiu os sistemas MRP II (*Manufacturing Resources Planning II*), que consiste de uma melhoria dos sistemas de necessidade de matéria prima, em sistemas que já ofereciam controles produtivos como a programação da produção de *loop* fechado, relatórios mais detalhados do custo produtivo dentre outros elementos que ofereciam melhor integração no chão de fábrica (JACOBS, WESTON JR, 2007).

Posteriormente a concepção do MRPII, a TI sofre mudanças significativas quanto à inovação tecnológica, resultado do desenvolvimento e descoberta de novos materiais e conseqüente sofisticação dos componentes de *hardware* e linguagens de programação mais avançadas.

Somente então a partir da década de 1990 que os sistemas ERP (*Enterprise Resources Planning*) começaram a ser codificados (JACOBS, WESTON JR, 2007; OLHAGER, SELLDIN, 2003).

Os sistemas ERP integram sistematicamente vários departamentos de uma empresa, centralizando os dados em uma base de dados integrada de tal forma que toda empresa possa compartilhar da mesma informação (OLHAGER, SELLDIN, 2003; UMBLE *et al.*, 2003; NIEUWENHUYSE *et al.* 2011).

Complementando esta informação Azzolini Jr. e Ferraz Jr. (2012) destacam que partindo do MRP II e com a integração dos processos de negócio, fazendo uso dos conceitos de Banco de Dados Relacionais os sistemas MRP II se transformam nos sistemas integrado de gestão, definindo o marco da segunda fase de evolução da TI aplicada à gestão industrial, com ênfase às “Funcionalidades” dos sistemas de Gestão da Produção.

O banco de dados relacional passou a ser utilizado pelas empresas no lugar de arquivos planos apenas alguns anos mais tarde, sendo uma das principais aplicações à integração dos processos de negócio das corporações por meio dos sistemas corporativos ERP. No final da década de 1990 os sistemas integrados de gestão passam a integrar as corporações pela *Internet* e o advento do *c-commerce* (comércio colaborativo) torna-se realidade, além do DRPII (*Distribution Resource Planning*) (AZZOLINI Jr e FERRAZ Jr, 2012).

Com a evolução e integração de dados proporcionados pela TI, contribuíram para que novos paradigmas surgissem dentro da questão empresarial, sendo um destes conceitos o conceito de *Sales and Operation Planning* (S&OP). Thomé *et al.* (2012) definem o S&OP como uma ferramenta que une diferentes planos de negócio, na qual seus principais objetivos são: Equilibrar a oferta e a demanda e integrar o plano estratégico com os planos organizacionais da empresa, partindo da perspectiva do alinhamento vertical e horizontal da corporação. Caracteriza-se então, pontualmente, a terceira fase de evolução da TI aplicada à gestão industrial, a fase com ênfase em “Processos”.

Complementando a informação do parágrafo anterior, Azzolini Jr e Ferraz Jr. (2012) informam que o processo S&OP (*Sales Operations Planning*) busca integrar todos os níveis hierárquicos de planejamento da organização, a partir da Gestão da Demanda à programação da produção, o que justifica a ênfase em “Processos” resultando no desenvolvimento de outros aplicativos computacionais de aplicações específicas no processo de gestão da produção.

Essa fase trata de uma visão integrada dos processos de fabricação e processos de negócio com a identificação das restrições de manufatura.

Para apoiar o S&OP as empresas buscaram a integração de todos os níveis hierárquicos de planejamento da organização. Para dar sustentação a essa integração, buscou-se recursos computacionais para a integração dos sistemas corporativos (Azzolini Jr e Ferraz Jr, 2012; Thomé *et al.* 2012).

Diante disso, houve a confirmação de que, a adequação dos processos de fabricação a partir das informações geradas pela TI, permite com que o gestor, possa identificar particularidades da fábrica envolvendo questões técnicas dos processos como maior visibilidade do desempenho do sistema e não de partes isoladas do mesmo. Diante deste novo requisito, os desenvolvedores utilizaram-se da lógica matemática de *Scheduling* ou programação da produção, de acordo com a configuração de cada sistema de manufatura.

### **2.3 Sistemas Computacionais no auxílio a tomada de decisão**

Diante da globalização, é cada vez mais importante o auxílio de sistemas computacionais para ajudar as empresas a desenvolver suas atividades da melhor forma possível.

No entanto, apesar de muitas empresas fazerem uso de sistemas integrados de gestão, sistemas ERP – *Enterprise Resources Planning*, de acordo com a literatura, há um falta de integração na colaboração para a tomada de decisão entre os sistemas transacionais (ERP) e suporte a decisão quanto à efetividade desses sistemas na disponibilidade dos dados de modo rápido e consolidado (HOAG, 2002).

Na maioria das fábricas há uma falta de integração entre os níveis organizacionais quanto ao controle das atividades operacionais de chão de fábrica e a geração de indicadores de desempenho capazes de permitir ao gestor avaliar de modo mais preciso, as discrepâncias entre as atividades planejadas e a execução efetiva das mesmas.

O que leva a criação de vários *softwares* pontuais para atendimento as necessidades dos diversos departamentos das empresas quando necessidades de dados e informações surgem a partir da operação na fábrica.

- 1) *Enterprise Resource Planning* (ERP);
- 2) *Supply Chain Management* (SCM);
- 3) *Customers Relation Management* (CRM); e
- 4) *Manufacturing Execution System* (MES);

Hoag (2002); Lee *et al.* (2009) afirmam que o problema persiste na configuração adequada da integração entre esses sistemas. Lee *et al.* (2009) salientam que é um grande desafio fazer a integração entre estes sistemas de modo efetivo.

No entanto Teran *et al.* (2013) afirmam que nos últimos anos outra classe de sistemas vem se tornando bastante popular no auxílio à tomada de decisão. Este sistema é chamado de *E-Manufacturing*. Segundo os autores essa é uma classe de sistema que compila dados de todos os níveis da empresa, e os transformam em dados disponibilizados para uso na *internet*.

De acordo com os mesmo autores, esta classe de sistema tem objetivos bem definidos, que são:

- a) Monitorar plenamente os elementos de negócio, tais como fornecedores, unidades de produção (interna e externa) e redes de atendimento ao cliente; e
- b) O desenvolvimento da capacidade de controlar os ativos das plantas de produção prevendo desta forma a perda de performance e consequentemente, programar a manutenção e a programação de uma forma mais dinâmica.

No entanto, segundo Hoag (2002) agrupar as mesmas funcionalidades de *softwares* em um conceito é difícil, visto que existem diversas empresas que desenvolvem *software*, e cada uma delas encaixam a sua solução em uma determinada categoria de sistemas.

Existem também os sistemas que atuam como apoio aos sistemas de chão de fábrica para a geração de informações aos gestores

Cabe levantar na literatura as classes e definições de cada um dos sistemas citados pelos autores a fim de ter a definição e uso para este trabalho.

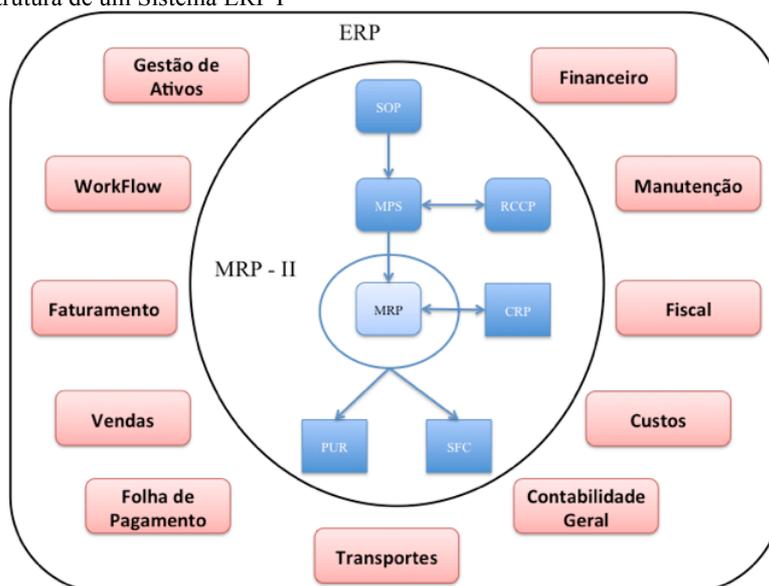
## **2.4 Sistemas para tomada de decisão operacional**

Nesta seção serão descritos os *softwares* que auxiliam na tomada de decisão a nível operacional.

### **2.4.1 – Enterprise Resource Planning (ERP)**

O termo ERP, surgiu somente no início da década de 1990, no entanto este tipo de sistema é uma evolução de diversos outros subsistemas que o compõem e que tiveram início na década de 1970 com o conceito de *Material Resources Planning* (MRP) (UMBLE *et al.*, 2003). A Figura 02 detalha as tecnologias envolvidas por trás dos sistemas ERP.

Figura 2 – Estrutura de um Sistema ERP I



Fonte: Adaptado de Corrêa *et al.* (1999, p. 350)

A Figura 2 apresenta o nível de integração existente no módulo MRP-II, por meio das siglas descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Siglas que compõem o módulo MRP-II

Sigla	Legenda
S&OP	Módulo de Planejamento de Vendas e Operações
RCCP	Módulo de planejamento grosseiro da capacidade
MPS	Planejamento Mestre da produção
CRP	Planejamento Detalhado da Capacidade
PUR	Controle de Compras
SFC	Controle de Chão de Fábrica

Fonte: Adaptado de Padilha e Marins (2005).

Como se observa no Quadro 2 e na Figura 2, a partir do MRP surgiu o MRP-II com melhores integrações e novas funcionalidades para suprir a necessidade da indústria da época.

Raihana (2012) complementa a informação, dizendo que além da integração a finalidade do uso do ERP é para facilitar o fluxo de informações entre todas as funções de negócios dentro dos limites da organização, e também, gerenciar as conexões com partes externas à empresa.

Alajbegovic *et al.* (2013), salientam que há também uma nova classe de sistemas ERP que surgiram com o advento da computação em nuvem. De acordo com Wua (2014) a computação em nuvem tem o objetivo de disponibilizar todos os recursos computacionais como um serviço por meio da *internet*.

Alajbegovic *et al* (2013) afirmam que novos fornecedores de ERP estão oferecendo este tipo de serviço na nuvem, e como consequência, alguns desenvolvedores de *softwares* ERP que fornecem sistemas ERP tradicionais, estão oferecendo soluções híbridas para conseguirem atingir e ganhar algumas vantagens do conceito em nuvem.

De acordo Brender e Markov (2013) uma das principais vantagens no uso da computação em nuvem é a redução de custo, visto que na maioria dos modelos de negócios implementados, os fornecedores deste serviço, cobram somente o que o cliente utilizou, baixando desta forma os custos operacionais.

Ademais o arranque de investimentos, já que não são necessários a adoção de equipamentos servidores, rede robusta, implementação do *software*, acaba barateando o custo de implantação deste tipo de ERP.

No entanto, apesar das vantagens informadas na literatura na adoção de *softwares* ERP em nuvem, alguns autores sugerem algumas desvantagens. Mijac *et al.* (2013) sugerem que se houver necessidade de customização dos sistemas ERP em nuvens a personalização será bastante diferente dos sistemas ERP's convencionais. Os mesmos autores levantaram dados os quais constatam que alteração em sistemas ERP é uma prática muito comum.

Além disso, a computação em nuvem possui um alto risco de fraudes e uma grande dificuldade de garantir auditorias, regulamentação, confidencialidade e outros riscos que devem ser examinados antes de se entrar nesta área (BRENDER E MARKOV; 2013).

Entretanto, conforme observado na literatura, tanto o sistema ERP tradicional quanto o ERP em nuvem oferecem as funcionalidades de integração e otimização dos recursos necessários ao funcionamento do ERP. Diante deste cenário, Olhager e Selldin (2003) afirmam que em um estudo *survey* em empresas Suecas, os grandes benefícios da implantação de ERP nas empresas daquele país, sugerem que a empresa como um todo ganhou, principalmente na integração e nos processos de negócios, melhorando a qualidade das informações.

Eles afirmam ainda, que os resultados de pesquisas parecidas nos Estados Unidos sugerem um mesmo resultado.

## 2.5 Manufacturing Execution System (MES)

Os sistemas MES têm por objetivo tratar de forma integrada os sistemas de controle de processo, lidando com o melhor direcionamento do fluxo produtivo e decidindo em que momento a produção deve iniciar (VALCKENAERS E BRUSSEL, 2005).

Segundo os mesmos autores, o MES deve lidar com as falhas do fluxo produtivo, indicando a melhor solução para o problema.

O MES é uma categoria de *software* com a funcionalidade de integração a outros aplicativos de apontamento online aos dados da operação de produção na fábrica e que tem como propósito a acumulação dos métodos e ferramentas utilizados para o acompanhamento da produção (MCCLELLAN, 1997).

O sistema MES pode ser definido como sendo o sistema responsável pelo planejamento e agendamento dos processos de produção enfatizando a execução, ou seja, o *software* tem a capacidade de sistematizar o plano produtivo dos itens, obtendo-se assim, uma otimização dos recursos e os tornando bastante eficientes (RABBANI *et al.*, 2013).

De acordo com os mesmos autores, o MES tem como objetivos controlar, monitorar e sincronizar as atividades do chão de fábrica, partindo do início da ordem de produção até a fase final onde o produto fica pronto.

Ademais, o MES também executa o planejamento e a otimização da produção em tempo real (BRECHER *et al.*, 2013).

Brecher *et al.* (2013) afirmam que se fosse considerando uma pirâmide de *softwares* da produção, o MES seria a base desta pirâmide, devido ao fato de suas funcionalidades estarem diretamente ligadas ao chão de fábrica.

O surgimento deste sistema é para o preenchimento da lacuna existente no processo de planejamento produtivo dos *softwares* ERP/MRP-II (TERAN *et al.*, 2013). Os *softwares* ERP/MRP-II determinam quais itens deverão ser fabricados em uma determinada linha de produção.

No entanto uma tradução se faz necessária quando essa informação é levada ao chão de fábrica, visto que, podem existir recursos fabris que não estão disponíveis naquele momento, sendo neste ponto a necessidade de uso do MES, já que o mesmo faz o planejamento, controle e otimização da linha produtiva (MCCLELLAN, 2001).

O mesmo autor salienta também que o MES deve interagir com o sistema MRP-II/ERP da empresa para troca de informações a fim de manter as informações atualizadas, gerando desta forma informações em tempo real.

Bikfalvi *et al.* (2014), afirmam que após os mais de dez anos do desenvolvimento e uso do MES, a grande maioria das pesquisas desenvolvidas atualmente enfrenta como maior desafio a solução de problemas relacionados à integração dos dados e informações das atividades de planejamento e controle de modo a apoiar efetivamente o gerenciamento das operações de manufatura.

Kock *et al.* (2010) afirmam que o MES tem a capacidade de gerar informações para suporte decisório nos níveis operacional e tático para a tomada de decisão, no entanto os mesmos autores sugerem que isso depende da ampla produção de dados em tempo real sobre os processos em curso.

Ademais, os autores apontam para o fato de que é necessário o uso de ferramentas computacionais acopladas aos bancos de dados do MES para auxílio na extração de informações relevantes ao suporte decisório nos níveis já citados.

Diante do exposto e como o objetivo de padronizar as funcionalidades do MES surgiu um padrão que é estabelecido pelas normas ANSI/ISA – 95.00.01–2000 e ANSI/ISA–95.00.03 – 2005 e deliberou alguns modelos e metodologias úteis com as principais funcionalidades a serem incluídas no nível dos *loops* de controle do chão de fábrica.

De acordo com as normas é possível identificar dois métodos principais para a melhoria da qualidade do gerenciamento das operações da produção (*Production Operations Management – POM*):

- 1) Método capaz de apoiar a habilidade de tornar o sistema de produção proativo: a norma define a necessidade do uso do conceito de programação da produção fina baseada em regras de *Scheduling* condizentes com as estratégias de manufatura tornando a programação da produção um dos cerne principais da capacidade de resposta do chão de fábrica, uma vez que alinhado com a real capacidade de resposta dos recursos de manufatura em um contexto sistêmico e não pontual, o *Manufacturing Execution System* (MES) em conjunto com o *Advanced Planning System – APS* é fundamental;

- 2) Método capaz de apoiar a habilidade de tornar o sistema de produção reativo: a norma define a necessidade, como já exposto no primeiro método, do conhecimento do gestor da real capacidade da fábrica definida sistemicamente e não pontualmente por recurso, o que somente é possível se o sistema de informações da manufatura foi estruturado a partir de indicadores de desempenho definidos com base em critérios de gestão. Desse modo esse método é baseado na evolução de alguns indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators* – KPI) determinado a partir das análises dos dados de eficiência do chão de fábrica.

Ambos os métodos exploram vantagens das aplicações dos *softwares* usados em diferentes componentes ou funcionalidades do *Manufacturing Execution System* (MES).

Contudo, conclui-se com base no exposto por Bikfalvi (2014), que nos dias atuais está muito mais evidente, do que praticamente era necessário em torno de uma década passada, que o desafio da indústria contemporânea em se manter competitiva globalmente não será possível de se conquistar caso a organização industrial não seja capaz de estimular o desenvolvimento sustentável do seu sistema de produção, uma vez que o projeto e operação desse sistema devem estar apoiados na integração do perfil das expectativas e exigências de qualidade do mercado com a adaptação flexível da sua estratégia de manufatura definida com base na realidade dos requisitos que a fábrica deve contemplar para se tornar capaz a atender tais expectativas, o que requer que todo o esforço nessa direção tenha o suporte do planejamento e controle da produção, cuidadosamente construído a fim de conduzir a execução das estratégias da manufatura com foco no alinhamento às estratégias de negócio as quais devem obrigatoriamente ter sido compreendidas na íntegra por todos os colaboradores, independente da função desempenhada na estrutura organizacional.

## **2.6 Plant Information Management System – PIMS**

Segundo Feijó (2007), na década de 1990 as indústrias enfrentavam o problema da estrutura dos sistemas computacionais de controle. Este problema referia-se a concepção que dava origem as ilhas de automação sem a devida integração das informações entre os processos existentes no parque fabril, inibindo, desta forma, a disponibilidade de informações em todos os setores da empresa, desde a matéria prima até os processos de expedição dos produtos acabados.

Portanto, o maior problema enfrentado pelas indústrias daquela época era a consolidação das informações nos diferentes tipos processos existentes na fábrica.

Segundo o mesmo autor, com o propósito de sanar este problema de apontamento desses registros, foi proposto inicialmente nas indústrias de processo contínuo, mais precisamente no setor petroquímico, um conceito de *softwares* chamados de *Plant Information Management Systems* (PIMS), que o autor destaca como um avanço na disponibilização dos dados.

Dante (2009) destaca que na literatura, a nomenclatura desses *softwares* pode variar podendo ser *Process Information Management System* ou ainda *Production Information Management System*.

No entanto esta solução, foi concebida para o enfrentamento do problema de falta de acessibilidade às informações e ao conhecimento efetivo do processo industrial, o que permitiu subir mais um nível na pirâmide da automação de acordo com o escopo dos *Enterprise Production System* (EPS), em que estão incluídos os PIMS e o MES.

Feijó (2007) e Dante (2009) destacam que para atender aos objetivos aos quais os PIMS se propõem o *software* deve atender as seguintes funcionalidades:

- Coleta de dados de sistemas específicos de controle do chão de fábrica e sistemas corporativos;
- Alta e eficiente compressão de dados;
- Capacidade de armazenamento histórico superior a 10 anos;
- Alta velocidade de resposta a consultas;
- Ferramentas cliente servidor de utilização fácil e intuitiva, como por exemplo, uso de telas com informações integradas, concepção de relatórios, *Key Performance Indicators* (KPI), disponibilidade de dados via portal *web*, dentre outros meios para acesso facilitado.

Considerando as funcionalidades descritas anteriormente, os autores destacam que os ganhos no uso do *software* para o usuário devem ser os seguintes:

- a) Consolidação dos dados em uma única base de dados: a partir da exclusão de pontos isolados de informações concentradas, o que deve permitir a consolidação dos dados de diferentes áreas e sistemas da empresa mantidos integrados em uma mesma análise;

- b) Descentralização do acesso à informação: o acesso aos dados por diferentes níveis de usuário passa a ser realizado em tempo real;
- c) Coleta e apontamento de dados e de informações: disponibilidade de diferentes tipos de dados e informações do processo de fabricação como produtividade, perdas, consumos, *status* de processo, alertas de eventos não esperados, análise de desempenho, comportamento do processo, variabilidade, tempos de parada, etc.;
- d) Dados consolidados permite agregar valor às informações disponibilizadas para análises: o sistema possui funcionalidades capazes de realizar análises avançadas do processo de fabricação que podem ser desdobradas em controles estatísticos de processo, inter-relacionamento de dados a partir dos indicadores de desempenho utilizados, análise de *batches* e conseqüentemente prospecção de conhecimento a respeito do processo a fim de dar um *upgrade* do *know-how* da indústria a respeito do seu processo industrial.

### **2.7 Sistemas de Medição de Desempenho Organizacional (SMD) e Sistemas de Gestão de Desempenho (Performance Management System – PMS)**

O sistema de Desempenho organizacional é definido como sendo um conjunto de pessoas, processos, métodos, ferramentas e indicadores, estruturados para coletar, descrever e representar dados, a fim de gerar informações sobre múltiplas dimensões de desempenho para usuários de diferentes níveis hierárquicos (NETTO, 2006).

Kim *et al.* (2011) afirmam serem valiosos mecanismos para quantificar múltiplos aspectos vitais para a organização garantindo a manutenção da “saúde corporativa”.

Corroborando com esta afirmação Lim e Lee (2010) afirmam que as medições do desempenho organizacional são introduzidas como um meio de controlar os resultados atuais com os objetivos do negócio.

Fernandes (2004) afirma que os SMD surgiram na década de 1950 a partir do uso do *Tableau de Board* na França. Em um ambiente de forte concorrência, as empresas líderes de mercado são aquelas que percebem e implementam mudanças necessárias para continuar satisfazendo os seus clientes (PINTO JUNIOR, 2007). No entanto, o mesmo autor salienta que os indicadores não devem agir isoladamente.

A integração entre os sistemas é o que permite o uso inteligente dos indicadores, levando os pesquisadores a tentarem construir *softwares* de medição e monitoramento para facilitar os empreendedores a gerir os seus negócios.

Fernandes (2004) conclui que, um indicador para ser útil deve estar alinhado com as estratégias do negócio, visto que ele deve oferecer importante suporte ao processo decisório.

Com base na pesquisa da literatura, encontram-se alguns métodos para integração dos sistemas de indicadores, dentre os quais: (a) *Balanced Scorecard* (BSC), (b) *The Performance Prism* (TPP) e (c) *Supply Chain Operations Reference* (SCOR):

- a) O BSC é uma ferramenta para monitoramento de realização, estratégia e análise das operações da empresa durante um longo período de tempo e para isso, utiliza-se de quatro perspectivas agrupadas a saber: cliente, processos internos, processos financeiros e processos de desenvolvimento (TERAN *et al.*, 2013). Ademais Kaplan e Norton (2006, 2008) salientam que o BSC é um quadro de gestão para integrar o planejamento estratégico e execução operacional das organizações;
- b) O TPP dá ênfase na estratégia vinculada no planejamento de recursos e orçamento, ou seja, o método prevê que estratégias não estão definidas, mas devem ser construídas a partir da identificação das necessidades, expectativas e contribuições dos *stakeholders* na construção do sistema de medição (NAJMI *et al.*, 2012);
- c) *SCOR* o método é aplicado por meio de uma ferramenta de diagnóstico desenvolvida a partir de perspectivas, estratégias, melhores práticas e tecnologias de gestão aplicadas na gestão de cadeias de suprimentos consideradas padrão de gestão pela literatura especializada. Com esse propósito a ferramenta SCOR 11.0 descreve atividades desenvolvidas no âmbito do *Supply Chain Management* com base em macroprocessos inerentes ao planejamento, fornecimento, produção, entrega e retorno (SSC, 2014).

Cada macroprocesso se divide em sub processos para os quais são definidos atributos de desempenho e instruções de melhores práticas, permitindo a comparação e a transferência de conhecimento entre as cadeias de suprimentos (SSC, 2014).

Contudo, o direcionador da definição de quais indicadores de medição deve ser considerado durante o processo de concepção do sistema de medição organizacional deve considerar como premissa central os indicadores de desempenho chave de cada processo interno e externo (KPI), com base em padrões de controle claramente conhecidos e necessários à gestão dos processos.

Ainda com relação à definição dos principais indicadores de (KPI) que devem compor o sistema de medição, os autores Michel e Michel (2007) propõem critérios de aceitação dos principais indicadores de desempenho, uma vez que a escolha desses indicadores tenha sido baseada na resposta dada pela gerência às seguintes questões:

- a) É clara para a gerência a relação de causa e efeito entre os indicadores e os planos de ação?
- b) Os planos de ação são considerados como um processo de melhoria ou um sistema de controle na visão dos tomadores de decisão dentro da estrutura hierárquica?
- c) Os KPI internos estão alinhados com os KPI dos *stakeholders* internos e externos?
- d) Os KPI são utilizados de uma maneira justa na avaliação de desempenho dos colaboradores?
- e) O alinhamento das estratégias de negócio e da manufatura garante que as mudanças geradas a partir das estratégicas adotadas no curto, médio e longo prazo são coerentes quanto ao acompanhamento e perspectivas de correção dos KPI?

Os autores destacam que somente após as respostas para estas perguntas, é possível obter os critérios-chave que devem conduzir os KPI a apoiar o uso do sistema de medição como uma ferramenta de gestão que possa conduzir a empresa a partir das decisões muito mais precisas a serem assumidas pelo gestor a um sistema de melhoria contínua e à satisfação dos *stakeholders*.

De acordo com os autores os critérios-chave que devem ser considerados são:

- a) A concepção de um sistema gerencial dotado de visibilidade;
- b) A identificação de um sistema de comunicação transparente das estratégias adotadas;
- c) A implementação de sistemas gerenciais de acompanhamento e controle, tais como BSC;

- d) A definição dos com base nas particularidades da estrutura organizacional da empresa com ênfase na manufatura;
- e) A descentralização da gerência dos projetos de melhoria;
- f) A definição dos critérios de promoção das pessoas coerentes com os KPI ;
- g) O controle gerencial a partir do uso do sistema de informações da operação e de gerenciamento de desempenho integrados;
- h) A definição de critérios justos e coerentes no gerenciamento dos recursos de mão de obra e de materiais e manufatura (equipamentos).

Michel e Michel (2007) dão ênfase de que todos os sistemas e princípios devem ser simples e assim mantidos para que a melhoria da medida de desempenho seja alcançada.

Kumar *et al.* (2013) destacam que nos últimos anos, o uso de indicadores de performance no escopo de sistemas de medição e gestão de desempenho transformou-se, a partir do uso dos referidos sistemas, em ferramentas de apoio à tomada de decisão para gerir os ativos ou recurso de manufatura especialmente na área de manutenção.

Isto se deve ao fato de que desvios significativos do planejado em relação ao executado no chão de fábrica podem comprometer a viabilidade econômica e acarretar sérios problemas para o empreendimento.

É diante do cenário apresentado, que a necessidade de acompanhamento sistêmico dos sistemas de produção, em função do aumento da complexibilidade do chão de fábrica requer uma consolidação ou agregação dos indicadores de desempenho dos processos de fabricação contemplados na manufatura, de modo a demonstrar o inter-relacionamento entre eles o que passou a ser abordado, ainda que de modo incipiente na literatura.

A manutenção dos recursos de manufatura necessita de atenção na concepção de um sistema de indicadores, e atualmente somente o OEE utiliza como método de medição e gestão no nível de controle dos processos o conceito em sua concepção da consolidação dos indicadores a partir do uso de medidas de ocupação de máquina com base nos dados de manutenção (GALAR *et al.*, 2014).

O autor ressalta ainda, que muitos autores sugerem novas pesquisas sobre a consolidação ou agregação de indicadores com foco no desenvolvimento de métodos de medição baseados nesse princípio de inter-relacionamento de indicadores individuais.

Consolidar ou agregar indicadores no formato de índices de desempenho não é uma tarefa simples de se realizar, visto que, há riscos de gerar informações não contundentes ou interpretadas de uma maneira equivocada (FERNANDES, 2004).

Boisevert e Holec (1998) e Kumar *et al.* (2013), reforçam a preocupação com a necessidade de se estudar com critérios bem definidos e claros o modelo matemático a ser adotado para o cálculo do inter-relacionamento dos indicadores de desempenho que deve gerar os referidos índices, a partir do argumento baseado no processo de tomada de decisões sobre a manutenção em que há exigências específicas resumidas pelos autores em três:

- 1) Apenas um número limitado de indicadores deve ser utilizado para transmitir o desempenho dos ativos ou recursos de manufatura. Um número excessivo de indicadores pode comprometer a legibilidade da informação;
- 2) As informações devem ser apresentadas em um formato adaptado para a tomada de decisões, o que exige a construção de indicadores capazes de reduzir o número de parâmetros necessários para o cálculo envolvendo apenas os indicadores essenciais para definir o cenário atual da operação precisamente;
- 3) A concorrência global dos negócios no mundo contemporâneo, principalmente na última década, impera que os tomadores de decisões avaliem precisamente a relação entre a gestão de ativos e a rentabilidade da empresa.

Os indicadores devem, portanto, concentrar-se no inter-relacionamento dos próprios indicadores quanto ao ambiente do chão de fábrica, em vez de apenas a própria gestão de ativos. Com ênfase na manufatura, foco do presente trabalho e de acordo com as considerações de Galar *et al.* (2014) o maior problema a ser enfrentado na concepção de um sistema de medição de desempenho é a consolidação dos indicadores de modo a atender as três principais exigências levantadas pelos autores.

Galar *et al.* (2012) ressaltam que, no contexto apresentado o maior desafio a ser enfrentado é a transformação dos dados existentes em um sistema de produção em indicadores consolidados ou agregados, de modo que as informações para os tomadores de decisão deem maior visibilidade do desempenho da operação de modo preciso e atualizado. Os autores sugere o uso de uma matriz de indicadores que devem ser consolidados ou agregados em um ou mais índices que represente(m) o desempenho real da manufatura.

## 2.8 E-Manufacturing

Xu *et al.* (2012) definem *e-Manufacturing* como um conceito que combina as tecnologias da *Web* com as novas estratégias de gestão de produção, de modo que se utiliza de várias ferramentas computacionais consideradas de colaboração para facilitar a gestão da produção na fabricação e montagem durante o processo de fabricação.

Os autores afirmam que o *e-Manufacturing* funciona como um sistema de transformação de dados em informações com o objetivo de maximizar o desempenho das operações de fabricação usando a *Web* para sincronizar sistemas de produção e as estratégias de negócio: corporativa e de manufatura. Segundo os autores, o conceito *e-Manufacturing* referem-se ao monitoramento dos ativos do chão de fábrica com o auxílio dos recursos da *internet* para programar a manutenção da produção e os pedidos de suprimentos em tempo real. Lee *et al.* (2013) consideram o *E-Manufacturing* um conceito que tenta responder às necessidades estratégicas integrando todos os elementos de negócios, incluindo todos os fornecedores, redes de atendimento e unidades de produção através do uso de tecnologias computacionais, tais como a *internet*.

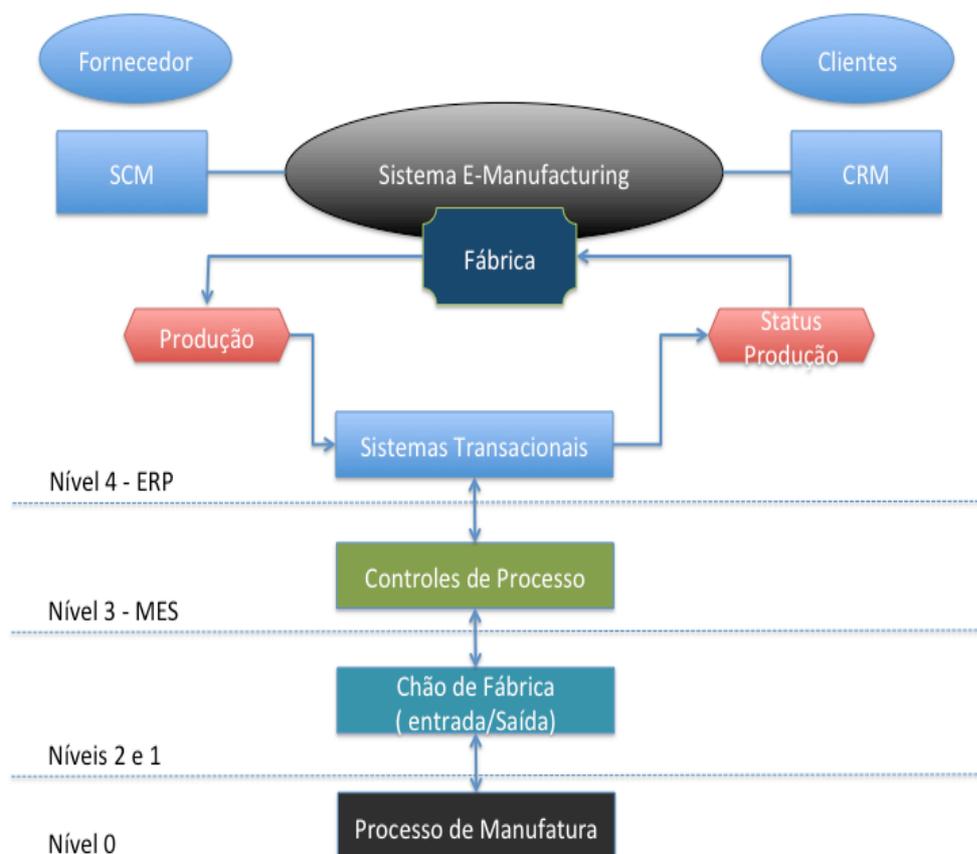
Segundo o mesmo autor esta metodologia ainda tem a capacidade de monitorar os ativos do chão de fábrica prevendo desta forma a perda de desempenho e capacidade da produção, além de fornecer de forma eficaz uma integração com outros sistemas.

A Figura 3 ilustra o posicionamento e a atuação do *e-manufacturing* no que diz respeito à integração dos sistemas. Via de regra o *e-manufacturing* trabalha com 4 classes de sistema como observado na Figura 3, que são: CRM, ERP, SCM em vias transacionais e também o MES para controle de processos (HOAG, 2002).

Corroborando e complementando esta informação Lee (2003) salienta que as principais funções e objetivos do *e-Manufacturing* são:

- a) Fornecer um processo de troca de informações transparentes e automatizada para permitir que a informação seja disponibilizada em um único ambiente;
- b) Melhorar a utilização dos ativos do chão de fábrica usando uma abordagem holística com as ferramentas e técnicas da manutenção preditiva;
- c) Ligar toda a operação de SCM e otimização de ativos; e
- d) Entregar serviços aos clientes que utilizam métodos inteligentes e tecnologias sem amarrar plataformas.

Figura 3 – Integração utilizando *E-Manufacturing*.



Fonte: Adaptado de Teran *et al.* (2013).

Cheng e Batemam (2008) concluem que o *e-manufacturing* está se tornando cada vez mais importante devido à produção global como uma filosofia de integração entre cadeia de suprimentos estendidas, terceirização, fabricação descentralizada.

Ademais os mesmos autores mencionam diversos benefícios da utilização *online* dos dados tais como: desenvolvimento de novos produtos, modelagem de sistemas complexos e simulações em tempo real e suporte a tomada de decisão.

Desse modo o objetivo do *e-manufacturing* é permitir que sistemas que apoiam a consolidação dos dados e informação do processo de execução da manufatura, como por exemplo, o MES, possa ser integrado com sistemas corporativos como o ERP.

Com esse propósito, Teran *et al.* (2013) destacam que, esta função envolve múltiplas fontes e fluxos de informação, assim como os dados gerados por dispositivos básicos de controle de uma máquina ou uma célula de manufatura.

Nesse contexto encontram-se as informações de sistemas de controle de processo computadorizados e dados de aplicativos específicos que a empresa pode utilizar. Hoag (2002) subdivide a Tecnologia da Informação aplicada às organizações de manufatura em quatro níveis:

- 1) *Softwares* de colaboração: *softwares* específicos de venda e compra como, por exemplo, sistemas de apoio à gestão do relacionamento com os clientes – CRM – *Customer Relationship Management*;
- 2) *Softwares* de gerenciamento da empresa: *softwares* de apoio à operação, como por exemplo, os sistemas transacionais corporativos ERP (*Enterprise Resources Planning*) que atuam na base da pirâmide, apoio à operação. Esses sistemas fazem uso de um banco de dados relacional que atende os módulos do sistema de todas as áreas da empresa como compras, financeiro, contas a pagar e a receber, planejamento e controle da produção, entre outros.
- 3) *Softwares* de gerenciamento e execução de ativos: os *softwares* de apoio à operação como o apontamento e controle dos dados e informações do sistema de produção encontram-se nesse grupo, como por exemplo, o MES (*Manufacturing Execution System*) e o SFCS (*Shop Floor Control Systems*) também conhecidos como SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Os *softwares* MES se destinam a ser o elo entre os processos e o sistema de gestão da empresa, com o objetivo de agilizar a tomada de decisão por parte da gestão das empresas, fazendo com que as informações cheguem rapidamente às pessoas indicadas. Os *softwares* SFCS auxiliam na identificação dos recursos críticos – não mais do que dez para definir o planejamento da capacidade RCCP – *Rough Cut Capacity Planning* (Planejamento de Capacidade de Médio Prazo). Nível de agregação menor e maior precisão dos dados e informações geradas.
- 4) Dispositivo de controle e automação: são módulos de controle conectados diretamente as máquinas da fábrica. São módulos aplicados na automatização da coleta de dados da operação de máquinas como, por exemplo, o uso de dispositivos como o *Programmable Logic Controller* (PLC). Estes dispositivos são instalados no nível mais baixo da hierarquia da TI, ou seja, no chão de fábrica. Estes dispositivos também são aplicados no envio de comandos para máquinas específicas fabricarem peças ou componentes.

## 2.9 Business Intelligence (BI)

BI é uma categoria de aplicativos e tecnologias para coleta, armazenamento, análise e fornecimento de informações, transformando dados em informações, auxiliando assim, usuários corporativos no processo de tomada de decisão (NAZIER *et al.*, 2013). O objetivo do BI é explorar as diversas fontes de informações que são geradas pelos vários sistemas operacionais, tendo como produto do seu uso adquirir conhecimento sobre o domínio do negócio (CHAUDHURI *et al.*, 2011; RUBIN E RUBIN, 2013). Rubin e Rubin (2013) afirmam que o conhecimento adquirido pode ser de vários tipos como, por exemplo: necessidades de clientes, concorrência, condições da indústria e tendências econômicas, tecnológicas e culturais em geral.

Chaudhuri *et al.* (2011) afirmam que devido a natureza heterogênea das bases de dados que os sistemas de BI utilizam, é necessário que os dados sejam tratados para ficarem disponíveis em sua base de dados. Segundo os mesmos autores, hoje é uma tendência as empresas necessitarem de dados quase que em tempo real, fazendo com que a disponibilização dos dados nos *data warehouse* se torne uma tarefa altamente complexa.

*Data Warehouse* é um repositório de dados que é gerado com base nas informações dos diversos sistemas de cunho operacional. As informações ficam à disposição para que algoritmos de BI possam fazer uso para apresentar informações necessárias para a tomada de decisão (MARCH E REVNER, 2007).

Com os dados já armazenados no repositório, a mineração dos dados se faz necessário para encontrar padrões e fazer a análise dessas informações que estão armazenadas. Uma vez que os dados tenham sido analisados eles então podem ser cruzados utilizando-se ferramentas visuais de cubos multidimensionais que são conhecidos como *On-line Analytical Processing* (OLAP). *Softwares* OLAP é um conjunto de ferramentas para visualização dos dados por meio de um *front-end* (DUAN E XU, 2012).

No entanto, para que todo o processo descrito acima funcione os dados necessitam surgir de algum lugar. Segundo Nazier *et al.* (2013) o processo de importação dos dados, consolidação e carregamento envolve uma série de funcionalidades para a coleta dos dados nos diversos sistemas transacionais que uma organização pode ter.

Ademais, o sucesso para o BI, está diretamente ligado à qualidade dos dados que são capturados dos sistemas transacionais, quanto mais confiáveis as informações desses sistemas, melhor será o processo de geração de informações para a tomada de decisão.

### 2.10 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De acordo com Tsarouhas (2013) a métrica OEE é bem aceita como medida de desempenho na indústria e é considerada como um método quantitativo que acabou por se tornar de uso intensivo nos sistemas de manufatura para controlar e monitorar a produtividade dos equipamentos no chão de fábrica, assim como é um indicador e direcionador para a escolha e implantação de projetos de melhoria de desempenho dos processos de fabricação. Nachiappan (2006) destaca que a partir do *Total Productive Maintenance* (TPM), o OEE se mostrou de fundamental importância para a medição individual do desempenho do equipamento, ou seja, com a aplicação do OEE é possível identificar o nível de eficiência do equipamento. Raguram (2014), afirma que o OEE é baseado em três pilares, a saber: disponibilidade, performance e qualidade. Segundo o mesmo autor cada um dos pilares pode destacar oportunidades de melhorias e onde o processo de fabricação é mais falho. Muthiah (2007) define a métrica OEE a partir das seguintes expressões para o cálculo dos fatores  $A_{eff}$ ,  $P_{eff}$  e  $Q_{eff}$ .

- 1)  $A_{eff}$  – grupo de perdas de disponibilidade;
- 2)  $P_{eff}$  – grupo de perdas de desempenho;
- 3)  $Q_{eff}$  – grupo de perdas de qualidade.

$$A_{eff} = \frac{T_u}{T_T}$$

$$P_{eff} = NOR \times SR = \frac{T_P}{T_U} \times \frac{R_{act}}{R_{th}}$$

$$Q_{eff} = \frac{P_g}{P_a}$$

**Onde:**

$T_u$  = tempo de operação – tempo produtivo (*uptime*);

$T_T$  = tempo total de observação do equipamento – intervalo de tempo considerado;

NOR = taxa líquida da operação;

SR = taxa de velocidade;

$T_P$  = tempo de produção do equipamento;

$R_{act}$  = taxa de processamento real do equipamento;

$R_{th}$  = taxa de processamento teórica do equipamento;

$P_g$  = produtos bons produzidos pelo equipamento;

$P_a$  = produtos realmente processados pelo equipamento durante o tempo de observação.

**2.11 Considerações finais da seção**

É muito grande o número de *softwares* disponíveis no mercado, para atendimento as mais diversas necessidades dentro de um ambiente empresarial. Diante disso, se faz necessário que as empresas tenham uma estrutura organizacional robusta, e também, estar disponíveis para assumirem altos investimentos em TI para qualificação dos profissionais e implantação dos sistemas.

Por sua vez, a definição do investimento financeiro dependente da complexidade do sistema de produção, o que impacta sensivelmente na escolha do projeto de TI aplicado à gestão da fábrica.

A complexidade do sistema de produção implica no uso de ferramentas computacionais mais sofisticadas e de custos elevados além de mão de obra especializada tanto com relação à implantação do projeto quanto à sua operacionalização.

Embora, o objetivo seja a concepção de um projeto de TI bem simples, versátil, ágil, confiável, contemplando todas as funcionalidades desejadas pelo usuário dos diferentes níveis hierárquicos da organização de modo integrado, garantindo desta forma, a consolidação dos dados para apoio a tomada de decisão gerencial e estratégica, ainda concepção deste projeto é um grande desafio.

Não cabe, no entanto projetos megalomaniacos e milionários e sim projetos que atendam às necessidades de medição, controle, planejamento e intervenções de rota do desempenho do sistema de modo preciso e confiável, quando necessário.

Com base na literatura projetou-se e desenvolveu um *software* de apoio à tomada de decisão classificado de acordo com as descrições do Quadro 3, na tentativa de cobrir a lacuna existente de uma ferramenta computacional capaz de medir o desempenho operacional de um sistema de produção com um baixo custo de aquisição, a fim de atender empresas de pequeno e médio porte.

Trata-se, como exposto nas seções seguintes, de um *software* ou sistema de apoio à decisão com ênfase à gestão de desempenho dos recursos da manufatura de modo sistêmico e integrado, valendo-se da lógica de cálculo do OEE e das perdas do processo de fabricação.

Quadro 3 – Proposta de protótipo de *software* baseada na literatura

Autor/Norma	Tópico	Categoria de software / Pré-Requisitos	Funcionalidade/Método	Tipo de Decisão
Laudon e Laudon (2007)	2.2.1	Sistemas de Informação Empresariais (SIE); Sistema de Apoio a Decisão	Simulação do fluxo de produção	Qual o impacto no resultado operacional da fábrica caso fosse implantado um determinado projeto de melhoria do fluxo de produção
ANSI/ISA 95.00.01-2000 ANSI/ISA 95.00.03 – 2005	2.5	A norma define a necessidade de o <i>software</i> apoiar o conhecimento do gestor da real capacidade da fábrica sistemicamente e não pontual por recurso	Habilidade de tornar o sistema de produção reativo	Selecionar projetos de melhoria a partir de indicadores de desempenho definidos com base em critérios de gestão e aderentes ao tipo de sistema de produção
Fernandes (2004)	2.7	Sistemas de Gestão de Desempenho ( <i>Performance Management System – PMS</i> )	Gestão do Desempenho de sistemas de produção	Decisão gerencial quanto às intervenções para adequação do desempenho operacional da manufatura

Fonte: Autor (2014).

Para desenvolver o projeto fez-se uso os critérios-chave de construção de um *software* enquadrado nas categorias do Quadro 3, definidos na literatura e que devem ser considerados.

- a) A concepção de um sistema gerencial dotado de visibilidade;
- b) A identificação de um sistema de comunicação transparente das estratégias adotadas;
- c) A definição dos KPI com base nas particularidades da estrutura organizacional da empresa com ênfase na manufatura;

- d) A descentralização da gerência dos projetos de melhoria;
- e) O controle gerencial a partir do uso do sistema de informações da operação e de gerenciamento de desempenho integrados;
- f) A definição de critérios justos e coerentes no gerenciamento dos recursos de mão de obra e de materiais e manufatura (equipamentos).

Contudo, manteve-se fiel a abordagem dos autores:

- 1) Kumar *et al.* (2013): *software* para tomada de decisão que apoia a gestão de ativos ou recursos de manufatura com ênfase ao desempenho real da operação e capacidade de investimento em projetos de melhoria exequíveis, de modo a evitar a não viabilidade econômica financeira do empreendimento.
- 2) Galar *et al.* (2014): o *software* de tomada de decisão aplicado à gestão da produção deve apoiar a manutenção dos recursos de manufatura permitindo o controle efetivo dos processos e a consolidação dos indicadores a partir do uso de medidas de ocupação de máquina com base nos dados de manutenção.
- 3) Boisevert e Holec (1998) e Kumar *et al.* (2013): é necessário estudar critérios bem definidos e claros para a concepção do modelo matemático a ser adotado para o cálculo do inter-relacionamento dos indicadores de desempenho que deve gerar os índices de desempenho, a partir do argumento baseado no processo de tomada de decisões sobre a manutenção, onde há exigências específicas de indicadores, sendo:
  - a) Apenas um número limitado de indicadores deve ser utilizado para transmitir o desempenho dos ativos ou recursos de manufatura. Um número excessivo de indicadores pode comprometer a legibilidade da informação;
  - b) As informações devem ser apresentadas em um formato adaptado para a tomada de decisões. O que exige a construção de indicadores capazes de reduzir o número de parâmetros necessários para o cálculo envolvendo apenas os indicadores essenciais para definir o cenário atual da operação precisamente;
  - c) A concorrência global de negócios no mundo contemporâneo principalmente na última década, o que impera que os tomadores de decisões avaliem precisamente a relação entre a gestão de ativos e a rentabilidade da empresa. Os indicadores devem, portanto, concentrar-se no inter-relacionamento dos indicadores individuais sistemicamente quanto ao ambiente do chão de fábrica, em vez de apenas a própria gestão de ativos.

### 3. Metodologia da Pesquisa

O detalhamento da metodologia de pesquisa do presente trabalho encontra-se dividido em dois tópicos:

- 1) Classificação do estudo realizado; e
- 2) Descrição do processo de desenvolvimento do protótipo de *software*.

#### 3.1 Classificação do Estudo

Como exposto na seção 1 o procedimento de pesquisa adotado no desenvolvimento do presente trabalho foi apoiado na pesquisa bibliográfica a partir dos seguintes temas de pesquisa:

- 1) Classificação e definição dos tipos de sistemas computacionais aplicados à gestão dos processos de fabricação na manufatura com a possibilidade de integração entre os diferentes níveis gerenciais de uma organização industrial;
- 2) Definição e procedimento de cálculo de indicadores de desempenho da manufatura concebidos de modo integrado quanto aos diferentes processos de fabricação e recursos de manufatura utilizados por uma organização industrial;
- 3) Estudo da proposta apresentada por Caçador (2014) em função de se tratar de uma proposta para a seleção de projetos de melhoria, utilizando o conceito do OEE.

O modelo estruturado ou procedimento de cálculo matemático utilizado na presente dissertação de mestrado foi fundamentado na relação de interdependência entre as variáveis de entrada de um processo de fabricação específico, de acordo com a proposta de Caçador (2014). Desse modo, a proposta de Caçador (2014) foi adotada como base conceitual da lógica do código fonte do programa computacional desenvolvido, o qual é o produto final da presente dissertação como mencionado: uso do protótipo de *software* desenvolvido para a seleção de projetos de melhoria do desempenho operacional da manufatura projetado a partir da sua concepção para ser capaz de posteriormente, como proposta de trabalhos futuros, avançar para o aperfeiçoamento do projeto de integração das estratégias da manufatura com a estratégia de negócio de uma organização industrial.

Em função da complexidade do projeto, o protótipo desenvolvido demonstra precisão dos resultados obtidos a partir dos testes preliminares realizados de acordo com o escopo do projeto de pesquisa atual da presente dissertação de mestrado, sendo previsto para a

adequação do projeto do protótipo disponibilizar no código fonte as condições necessárias de interface com outros aplicativos e de ser capaz de fazer uso de diversos outros sistemas computacionais utilizados pelas organizações, conforme modelo proposto na Figura 4.

De acordo com os tópicos relacionados ao tema de pesquisa, o objetivo alcançado a partir da finalização do presente trabalho foi o de pesquisa exploratória. Nesta fase, a fim de identificar as possibilidades de abordagem do problema de pesquisa do estudo: estruturação de um sistema de medição de desempenho integrado.

Neste caso, metodologicamente buscou-se a fundamentação teórica na literatura com análise temporal transversal em função da necessidade da identificação e conhecimento do desenvolvimento de pesquisas atuais na área, assim como das tendências de propostas de pesquisa futuras com foco na solução do problema de pesquisa central: definição de indicadores de desempenho de sistemas de produção integrados a partir da relação de interdependências das variáveis de entrada de sistemas de produção. Assim o desdobramento esperado foi obter como produto final um protótipo de *software* capaz de representar uma alternativa para o preenchimento da lacuna existente do problema de pesquisa, a fim de colaborar com a proposta de gerar cenários futuros de desempenho de um determinado sistema de produção.

A geração de cenários é realizada no momento da manipulação dos parâmetros de operação atuais do sistema de produção em análise preliminar de desempenho como *input* do *software* proposto, a fim de avaliar o impacto das alterações desses parâmetros via projetos de melhoria a serem implantados com base nos resultados obtidos com o uso do *software*.

O tipo de abordagem de pesquisa, contudo, é o de modelagem com base na descrição das expressões matemáticas desenvolvidas a partir da relação de interdependência das variáveis considerando a definição de critérios pré-estabelecidos e fundamentados na metodologia OEE, o que caracteriza a construção de um modelo, mesmo considerando que ainda neste momento a alteração das variáveis ou parâmetros de entrada é realizada manualmente no sistema a fim de gerar cenários de desempenho de acordo com as modificações, ou seja, o *software* nesta fase não dispõe de heurísticas de otimização com base em uma determinada função objetivo.

Com esse propósito o produto protótipo de *software* desenvolvido apresenta em seu código fonte a possibilidade de inserir heurísticas específicas de otimização de recursos e minimização de custos a partir da construção de modelos matemáticos mais complexos, o que deve ser realizado como trabalhos futuros pelo autor, atendendo, desta forma, as

particularidades metodológicas de um projeto de pesquisa com tipo de abordagem de modelagem e simulação como definido por Miguel (2012) quanto à classificação de pesquisas científicas desenvolvidas na área de Engenharia de Produção.

Para que o código fonte atendesse às premissas de projeto apontadas, houve a necessidade de uma modelagem computacional específica capaz de garantir o uso da metodologia proposta por Caçador (2014), que busca integrar valores do uso do OEE das diversas máquinas de um processo produtivo, o que atende aos objetivos do presente trabalho.

### **3.2 Descrição do processo de desenvolvimento do protótipo de software**

A fim de determinar a capacidade produtiva e as perdas de toda a linha de produção de um determinado item em um sistema de produção específico, o projeto levou em consideração o fator demanda entre os principais *inputs* de entrada, desta forma, a proposta do presente trabalho pode ser caracterizada pelo desenvolvimento de um *software*, representado na Figura 4 como Sistema Gerencial – Gestão da Produção com interface ao OEE.

A proposta usa os dados gerados pelos sistemas de informação da indústria envolvendo informações da controladoria (sistema ERP) e dados do desempenho da manufatura MES e SFCS.

Diante disto, o *software* deve ter em destaque o plano da sua lógica de manipulação das variáveis a partir das expressões matemáticas adotadas, com o uso da metodologia OEE na mensuração do desempenho das máquinas do processo de fabricação não pontualmente, mas de modo sistêmico.

Na Figura 4 são demonstrados diversos sistemas que coexistem dentro de uma determinada empresa, e a partir deles são geradas diversas informações.

O código fonte desenvolvido prevê a inserção do sistema computacional, proposto neste trabalho, dentro deste universo com as respectivas interfaces entre essas diferentes ferramentas computacionais. Como exemplo os dados gerados pelos sistemas ERP são os dados contábeis e os dados de pedidos de venda que são solicitados às empresas, dentre outros utilizados como *input* do *software* proposto.

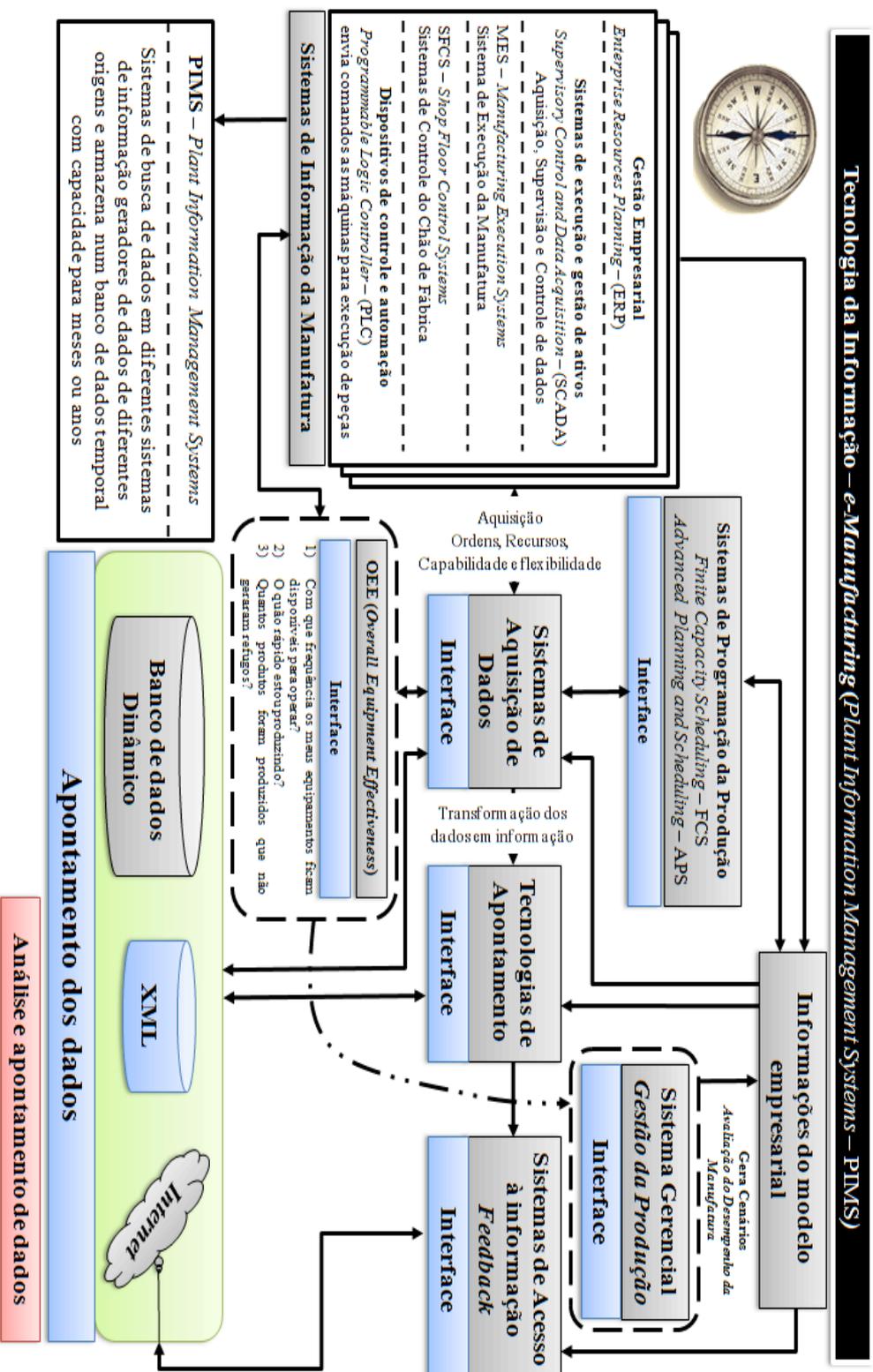
Já nos sistemas MES e SFCS são lançados os dados de programação e apontamento da linha produtiva integrando desta forma com o sistema ERP, já que é nele que estão as informações comerciais de demanda de produtos e de entrada de matéria prima, com ênfase a consolidação dos dados de entrada no aplicativo proposto.

Os *softwares* MES e SFCS geram dados de apontamentos de produção, manutenção de equipamentos e desta forma, há a possibilidade de gerar o índice de OEE.

No entanto, o índice de OEE é um tipo de informação que é gerado individualmente por máquina. Com o cruzamento das informações do OEE das diferentes máquinas que compõem o processo de fabricação é possível verificar a capacidade da linha produtiva (ou de um determinado roteiro de produção), e assim, verificar se há condições de avaliar e alinhar as necessidades da manufatura às necessidades do negócio. Nesse ponto, ao considerar as necessidades de demanda cruzando os dados com a capacidade e os pontos falhos produtivos, é possível avaliar o impacto da ineficiência por máquina individualmente ou sistemicamente com o uso do *software* proposto. Além disso, integrando os diferentes índices de OEE à capacidade produtiva do sistema de produção como um todo por meio do modelo proposto por Caçador (2014) é possível visualizar se os equipamentos são capazes de atender a demanda ou se haverá necessidades de intervenção de melhoria no uso dos ativos de produção. O uso do cálculo do OEE por máquina de modo sistêmico envolve integrar os índices de acordo com a dependência entre máquinas utilizadas no roteiro de fabricação de um produto, a fim de identificar restrições de fluxo de produção e simular cenários de desempenho da fábrica com relação à demanda prevista. Este item na Figura 4 está representado pelo Sistema Gerencial Gestão da Produção, o qual será responsável pela geração do cenário propriamente dito.

A proposta prevê que o *software* possa ser capaz de fornecer ao nível tático e conseqüentemente ao nível estratégico subsídios para alinhar as estratégias da manufatura com as estratégias competitivas do negócio no âmbito do desempenho operacional do sistema de produção. Tais subsídios devem garantir uma maior visibilidade da real capacidade de atendimento às necessidades identificadas no escopo da estratégia competitiva que a fábrica deve ser capaz de suprir, o que pode ser evidenciado com o uso de uma ferramenta computacional com determinados requisitos, como por exemplo, consolidação dos dados do chão de fábrica no formato de gráficos e relatórios concisos de desempenho com a possibilidade de intervenção do usuário, na forma de simulação de cenários para a tomada de decisão.

O teste do *software* foi realizado por intermédio dos valores utilizados por Caçador (2014), uma vez que, o autor apresentou os resultados e gráficos em seu estudo. Desta forma, o protótipo do *software* apresentou os mesmos resultados quantitativos existentes no trabalho de Caçador (2014).



Fonte: Adaptado de Teran *et al.* (2013).

Figura 4 – Arquitetura e integração do e-manufacturing

## **4. Desenvolvimento do protótipo do *Software***

### **4.1 Projeto do Sistema**

Neste tópico serão discutidos a funcionalidade, os fluxos e as telas do sistema proposto para a sistematização do chão de fábrica, para auxílio à tomada de decisão.

### **4.2 Proposta e Desenvolvimento do *Software***

O *software* proposto foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação *Delphi XE3* com interface com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados *Firebird* na versão 2.1, e tem a finalidade de auxiliar no processo de tomada de decisão, a partir da possibilidade de gerar cenários de desempenho do chão de fábrica, garantindo assim o alinhamento das estratégias competitivas com as estratégias da manufatura do negócio.

Caçador *et al.* (2013) e Zuchi *et al.* (2013) sugerem o desenvolvimento de um procedimento sistemático de seleção de projetos de melhoria a serem desenvolvidos na manufatura com o propósito do alinhamento às estratégias do negócio e para isso tomam como base a variável demanda. Ademais os autores concluem que um aplicativo comercial poderia ser desenvolvido para melhorar a eficiência dos recursos da manufatura e possibilitar simulações de outras restrições.

Partindo do exposto, e considerando o trabalho de Caçador (2014) o presente trabalho tem como objetivo construir uma ferramenta computacional que visa integrar de modo sistêmico todos os índices de OEE das máquinas de uma determinada linha produtiva, considerando a variável demanda para verificar o gargalo produtivo das máquinas.

### **4.3 Funcionalidades do *Software***

O *software* funcionará aplicando-se o modelo proposto por Caçador (2014).

As funcionalidades previstas para o *software* são:

- O *software* necessitará de cadastros para poder servir de *inputs* para o processamento, dentre os cadastros necessários estão:
  - a) Cadastro de equipamentos;
  - b) Cadastro de tipos de paradas; e
  - c) Cadastro de unidades de medida.

No cadastro de equipamentos (a) é necessário o preenchimento de campos tais como o código do equipamento e sua descrição, além de campos para valorização de parâmetros tais como, Valor/Hora do Operador, Valor/Hora do Manutentor e o custo de peças de reposição (médio) deste equipamento. Este cadastro tem por finalidade especificar quais são as máquinas existentes dentro de um determinado processo produtivo de uma empresa.

O cadastro de tipos de paradas (b) tem a finalidade de cadastrar os grupos de paradas dos equipamentos que uma determinada fábrica pode ter, ou seja, é descrito porque um equipamento ficou parado, e elas podem ser Refeição, Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Finais de Semana, etc. Ademais, neste cadastro há quatro campos para preenchimento para valorização das paradas, ou seja, se em uma determinada parada é valorado os custos de horas/operadores, hora dos manutentores, Custo de matéria prima e custo de reposição. Esses custos são utilizados para que o sistema calcule qual é o custo que uma determinada parada pode ter. O cadastro de unidades de medida (c) tem a finalidade de inserir no sistema as unidades de medida, sendo necessário somente a descrição e o símbolo da unidade de medida. Este cadastro será utilizado no cenário indicando qual a unidade de medida para a quantidade que o equipamento trabalha. Com os cadastros já previamente definidos, parte-se para os *inputs* necessários no processo de auxílio na tomada de decisões. O *software* contém um formulário (criação de cenários) que é o responsável pela entrada dos dados. As informações incluídas neste formulário são utilizadas pelo modelo proposto para o processamento, e conseqüentemente, para a saída das informações necessárias para o auxílio na tomada de decisão por parte dos usuários. As informações que são passadas neste formulário estão identificadas na Figura 5. A Figura 5 divide o formulário em 3 pontos de entrada de dados cada uma com as seguintes funcionalidades:

- 1) Nesta parte do formulário é informada a data inicial e final em que foram coletados os dados que serão utilizados como parâmetros para os *inputs* do modelo. O sistema automaticamente informa a quantidade de horas do período indicado, por exemplo, caso o período de coleta aconteceu de 01/01/2013 até 31/01/2013, são considerados 31 dias de coleta, sendo assim 31 multiplicados por 24 horas dá um total de 744 horas calendário que poderiam ter sido usados na produção.
- 2) Nesta parte do formulário são indicados os equipamentos que foram utilizados para produção no período acima indicado, ou seja, os equipamentos que estão sujeitos à performance medida através do OEE, sendo assim diversas informações são necessárias como descreve o Quadro 4.

Figura 5 – Formulário de *inputs* para os cenários.

Configuração de Cenários:
   
 Código: \_\_\_\_\_
   
 Data Movimentação: \_\_\_\_\_
   
 Data Inicial Cenário: \_\_\_\_\_
   
 Data Final Cenário: \_\_\_\_\_
   
 Hora Total Cenário: \_\_\_\_\_
   
 Tipo dos Dados:
   
 R - Real
   
 C - Cenário
   
1

Equipamentos Cenário

Id.	Cód. Equip. (F2)	Descrição do Equipamento	Cód. Unidade Medida (F2)	Unidade	Índice de OEE	Horas Disponíveis	Saturação Desejada	Volume Médio Entrega/H	Valor Mc								
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">                     Indicadores OEE                 </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #0070C0; color: white;"> <th style="width: 5%;">Id.</th> <th style="width: 15%;">Id. Parada (F2)</th> <th style="width: 30%;">Descrição da Parada</th> <th style="width: 10%;">Horas Parada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center; height: 100px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">                                     Novo                                 </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Apagar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Atualizar"/> </div> </td> </tr> </tbody> </table> </div>										Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">                                     Novo                                 </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Apagar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Atualizar"/> </div>			
Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada														
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">                                     Novo                                 </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Apagar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Atualizar"/> </div>																	
							2										
							3										

Soma das Horas: 0,00

Fonte: Autor (2014).

Quadro 4 – Variáveis para o item 2 do formulário de cenários.

<b>Input Necessário</b>	<b>Funcionalidade do Input</b>
Código Equipamento	Descreve qual é o equipamento em questão.
Descrição do Equipamento	Descreve o nome do equipamento baseado no código escolhido.
Código Unidade de Medida	É um campo para se informar qual é o código da unidade de medida que o equipamento trabalha, este código deve ter sido cadastrado no sistema.
Unidade	Mostra qual é o símbolo da unidade de medida escolhida.
Índice de OEE em percentual	Este campo é calculado pelo sistema, de acordo com as horas não programadas e o total de horas disponíveis.
Horas Disponíveis	Campo calculado automaticamente pelo sistema. Este campo serve para mostrar qual é o tempo que o equipamento ficou efetivamente a disposição para produzir. (Horas calendário – Horas Programadas)
Saturação desejada	Indica o percentual de saturação do equipamento. Segundo a teoria das restrições o equipamento nunca pode estar com uma saturação de 100%.
Volume Médio de Entrega/Hora	Campo calculado automaticamente pelo sistema. Este campo, baseado no volume nominal de produção, é calculado através do índice de OEE atual do equipamento, ou seja, se o volume nominal for de 100 peças por hora e o OEE for de 50% então este campo apresentará o valor de 50 unidades.
Valor Nominal de produção/Hora	Indica a quantidade nominal de produção que aquele equipamento tem a capacidade de produzir em uma hora.
Demanda Prevista máquina	Demanda prevista para o próximo período a ser analisado, neste local, será colocado o que se quer produzir para todo o período e não o que se produziu.
Fase Atual	Indica dentro do roteiro de produção, qual é a fase atual dentre as necessárias para a produção do item.
Número de Funcionários do Turno	Indica qual é o número de funcionários que trabalham por turno naquele equipamento.
Número de Manutentores Corretivos	Indica qual é o número de manutentores corretivos que são necessários quando o equipamento em questão tem uma quebra.
Quantidade de Refugo Produzido	Indica qual a quantidade de refugo produzido dentro do período indicado.
Custo da Matéria Prima	Indica qual é o custo da matéria prima.

Fonte: Autor (2014).

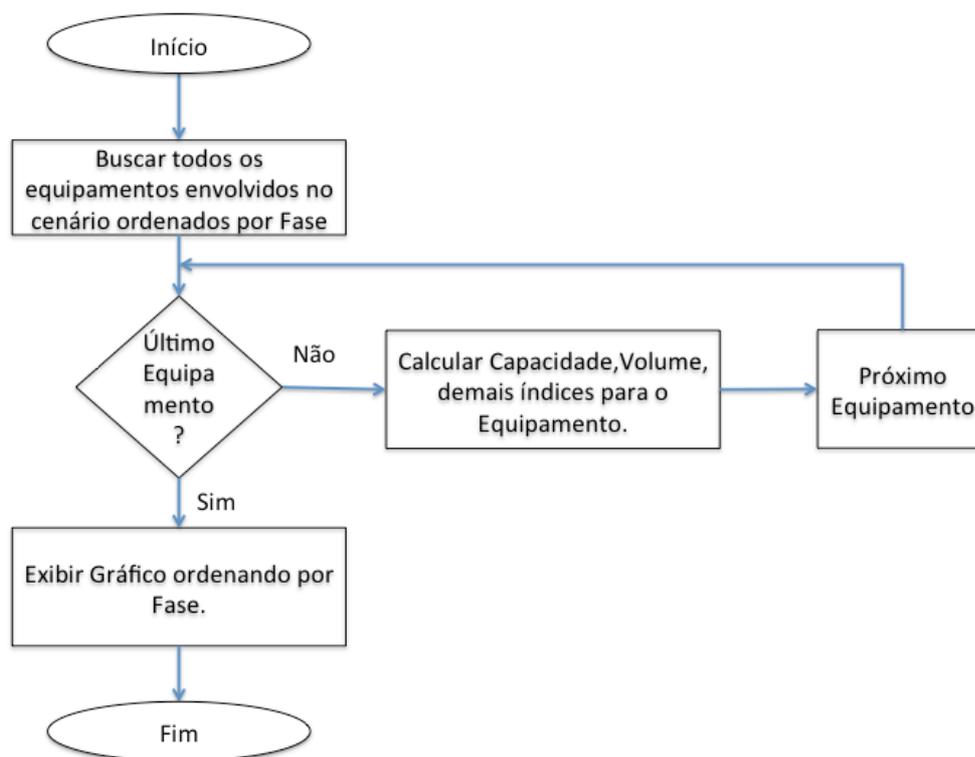
- 3) Na parte 3 do formulário são descritas as paradas que este equipamento teve relatado dentro do período indicado no cenário. Cada uma das paradas contém o número de horas que o equipamento ficou parado para um determinado tipo de parada.

De posse dessas informações o *software* tem a capacidade de indicar e executar o processamento para gerar as informações propostas por Caçador (2014).

#### 4.4 Processamento de informações e Geração de Gráficos

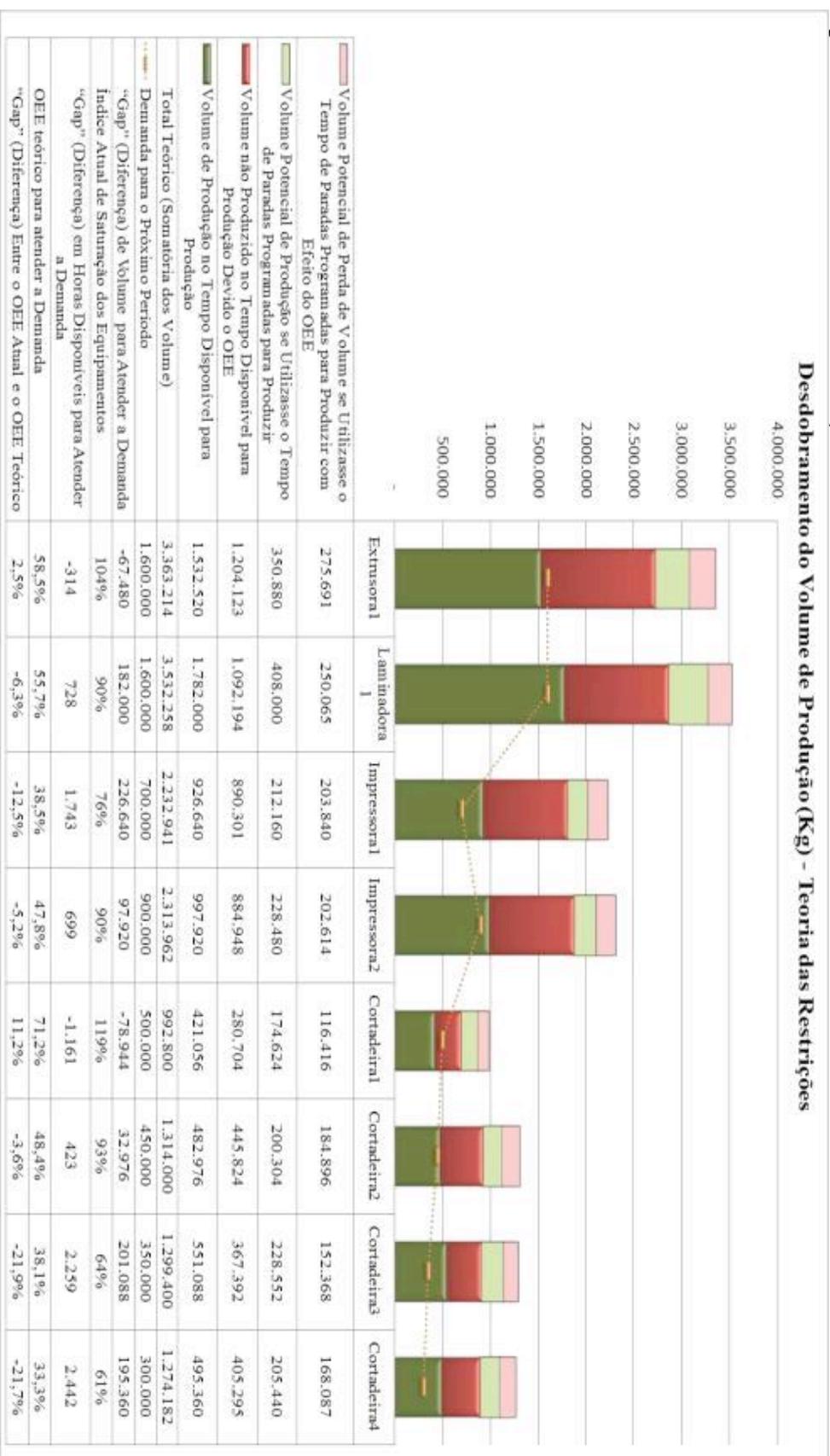
Após os *inputs* devidamente finalizados, o produto que o *software* gera são os gráficos, de modo que o tomador de decisão possa utilizar esses dados para alinhar as estratégias de manufatura e de negócios, visto que o departamento de S&OP deve ter condições de verificar se é possível que sua fábrica atenda a demanda para o próximo período, baseado na sua capacidade produtiva atual. Para que o sistema possa apresentar os resultados graficamente, é necessário efetuar alguns procedimentos tais como apresentado no fluxo da Figura 6. Na Figura 7, é apresentado o Gráfico proposto por Caçador (2014) que mostra a capacidade integrada dos equipamentos, que orienta o gestor de modo que o mesmo consiga avaliar em qual ponto está o gargalo de produção e qual é o volume possível de ganhar, de acordo com as paradas programadas, e não programadas que cada máquina da produção possui.

Figura 6 – Fluxo necessário para apresentação gráfico de Estudo de Capacidade



Fonte : Autor (2014).

Figura 7 – Desdobramento do Volume de Produção em Kg.



Autor: Caçador (2014)

No entanto, como pode ser observado na Figura 6, é necessário o cálculo de alguns elementos para que o sistema consiga montar o gráfico apresentado na Figura 7. Baseado em Caçador (2014), são necessários os cálculos das equações 4.1 e 4.2.

- Cálculo do índice de OEE de cada equipamento baseado nas paradas não programadas das máquinas:

$$Indice\_Oee = \left( 1 - \left( \frac{\sum_{i=0}^n Tempo\_Paradas\_N\tilde{a}o\_Programadas}{Tempo\_Dispon\tilde{i}vel\_Produ\tilde{c}ao} \right) \right) * 100 \quad (4.1)$$

- Cálculo do Volume Médio de Entrega, é baseado no valor nominal de produção considerando o Efeito do índice de OEE para cada equipamento.

$$Volume\_Medio\_Entrega = Volume\_Nominal\_Produ\tilde{c}ao * Indice\_Oee \quad (4.2)$$

As equações apresentadas anteriormente são utilizadas no formulário de cenários, e o sistema as calcula automaticamente. No entanto, elas também são parte importante para a geração do gráfico, já que boa parte do procedimento de cálculo dos dados do gráfico de estudo de capacidade é baseada nessas duas equações. As demais equações propostas por Caçador (2014) seguem no decorrer desta dissertação.

- Equação para o Volume produzido no período indicado no cenário. Esta equação tem por objetivo calcular qual foi o volume produzido em todo o cenário levando em consideração o índice do OEE e o tempo disponível. Na Figura 7 esta equação é responsável por calcular a barra de título “Volume de Produção no Tempo Disponível para Produção”.

$$Volume\_Total\_Produzido = Tempo\_Disponivel\_Para\_Producao * Volume\_Medio\_Entrega \quad (4.3)$$

- Equação para Calcular o Volume Perdido devido ao índice aplicado no OEE. Esta equação tem por finalidade calcular qual é o volume que deixou de ser produzido devido a ineficiência do processo produtivo, no tempo em que o equipamento ficou a disposição para a produção, levando em consideração o índice do OEE. Na Figura 7 está equação é a responsável por calcular o volume para a barra com o título “Volume não produzido no tempo disponível para produção devido ao OEE”

$$\text{Volume\_Perda\_Oee} = (\text{Volume\_Nominal\_Produção} - \text{Volume\_Medio\_Entrega}) * \text{Total\_Disponivel\_para\_Produção} \quad (4.4)$$

- Equação para Calcular o volume que deixou de ser produzido considerando o total de horas programadas. Já que o total de horas programadas o equipamento poderia estar disponível para produção, mas não está por uma opção qualquer, é possível calcular também o volume que seria produzido utilizando as horas de paradas programadas desse equipamento. No Gráfico representado na Figura 7 esta barra está com o título de “Volume Potencial de Produção se utilizasse o tempo de paradas programadas para produzir”.

$$\text{Vol\_Paradas\_Programadas} = \text{Volume\_Medio\_Entrega} * \text{Total\_Horas\_Programadas} \quad (4.5)$$

- Equação para calcular o volume total das possíveis perdas considerando o tempo para produção das horas programadas. Esta equação está definida no gráfico representado na Figura 7 com o título “Volume Potencial de Perda de Volume se utilizasse o tempo de paradas programadas para produzir com o efeito do OEE”

$$\text{Vol\_Perda\_PP} = \text{Vol\_Paradas\_Programadas} * (1 - (\text{Indice\_OEE} / 100)) \quad (4.6)$$

- Equação para Calcular o *GAP* do volume produzido em relação a Demanda. Esta equação serve para verificar em volumes qual é a diferença entre o que se produz com a relação demanda prevista. Conforme ilustra a Figura 7 o termo utilizado para demonstrar o resultado desta equação é “Gap (Diferença) de Volume para Atender a Demanda”.

$$Gap\_Volume = Volume\_Total\_Produzido - Demanda\_Próximo\_Período \quad (4.7)$$

- Equação para Calcular o Índice atual de saturação dos equipamentos. Calcula o índice de saturação do equipamento em relação ao produzido. A lógica por trás dessa equação é dividir a demanda prevista pela capacidade de produção atual do equipamento. Caso seja maior que 100, significa que o equipamento não tem condições de produzir considerando o OEE atual. Na Figura 7 o termo utilizado para descrever este item está com o título “Índice atual de saturação do equipamento”.

$$Saturação\_Equipamento = \left( \frac{Demanda\_Próximo\_Período}{Volume\_Total\_Produzido} \right) * 100 \quad (4.8)$$

- Equação para calcular a diferença em horas necessárias para atingir a demanda. Esta equação tem a finalidade de calcular a diferença em horas para atingir a demanda, ou seja, caso o resultado da equação seja maior do que zero significa que há horas disponíveis para produção, se for menor do que zero, então o resultado é o necessário, em horas, para atingir a demanda. Na Figura 7 o termo utilizado para destacar este valor é referenciado pelo título “Gap (Diferença) em horas Disponíveis para atender a demanda”.

$$Gap\_Horas = Tempo\_Disponível\_Producao - \left( \frac{Demanda}{Volume\_Medio\_Entrega} \right) \quad (4.9)$$

- Equação para calcular o OEE teórico necessário para atender a demanda, ou seja, mostra qual é o Índice de OEE do equipamento para que o mesmo consiga atingir o volume de produção necessário solicitado na demanda. Na Figura XX este item está representado pela coluna “OEE Teórico para atender a demanda”.

$$OEE\_Teorico = \left( \frac{Indice\_OEE}{Volume\_Total\_Produzido} \right) * Demanda\_Proximo\_Periodo \quad (4.10)$$

- Equação para Calcular a diferença necessária entre o Índice do OEE atual e o Índice do OEE teórico para atendimento à demanda. Esta equação tem o objetivo demonstrar a diferença de OEE teórico e do OEE para atingir demanda, ou seja, caso a diferença do OEE seja negativo significa que é necessário ganhar o indicado pela fórmula para atendimento a demanda, e caso for positivo, significa que está o Índice está com folga em relação ao atendimento a demanda.

$$Gap\_Oee = Indice\_Oee - OEE\_Teorico \quad (4.11)$$

Com as equações apresentadas o *software* é capaz de calcular e gerar o gráfico de capacidade de máquinas. No entanto Caçador (2014) propõe outros gráficos demonstrando as horas não programadas que constou para cada equipamento, e também a relação de custos das perdas por cada equipamento.

No sistema e no modelo utilizado, utilizou-se o gráfico de Pareto, devido ao fato de na sua construção ser mais fácil a identificação das principais perdas, ordenadas em ordem decrescente, ademais, o diagrama de Pareto, funciona com a questão do percentual acumulado, desta forma observa-se quais são as principais perdas dentro total de perdas disponíveis.

Para a geração do gráfico de Pareto em horas por equipamento, não é necessário o cálculo de nenhuma outra equação, no entanto, para o gráfico em Pareto de custos, é necessário o cálculo dos custos envolvidos em cada parada, e desta forma, outras equações devem ser calculadas para valorar cada uma das perdas.

Pelo modelo proposto por Caçador (2014), o autor sugere que os custos podem ser de quatro tipos para cada parada, podendo ser: Valor da Hora do Operador, Valor da Hora do Manutentor, valor do custo de reposição e valor do custo da matéria prima. É possível valorar as perdas baseado no tipo de parada conforme mostra o Quadro 05.

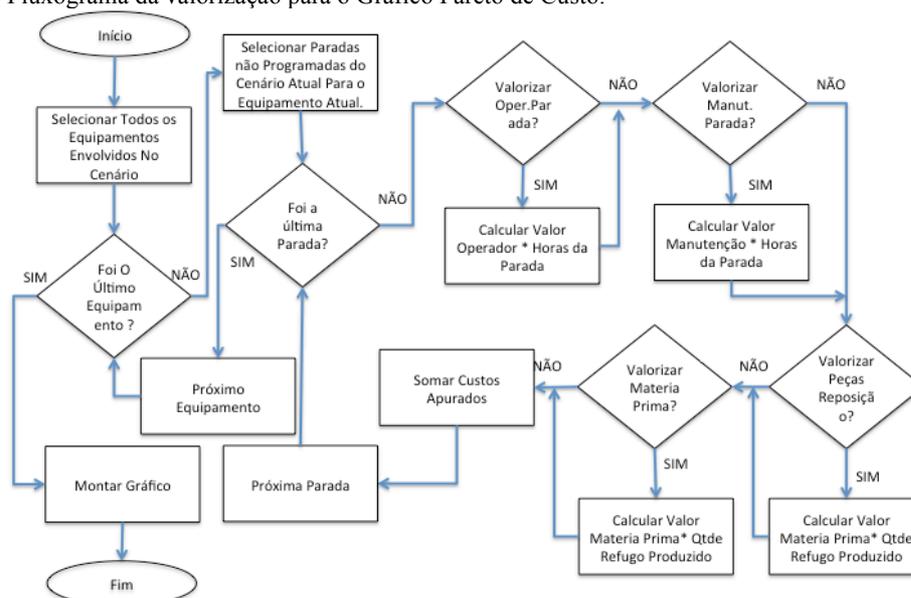
Quadro 05 – Valoração dos tipos de paradas.

Item	Descrição da Perda de Eficiência	Custos informados pela controladoria			
		Custo da Mão de Obra Operacional	Custo Médio da Mão de Obra Manutentor	Custo das Peças de Reposição	Custo Total das Perdas de Matéria Prima
1	Início e Fim de Turno	X			
2	Setup	X			X
3	Manutenção Corretiva	X	X	X	X
4	Falta de Material	X			
5	Perda de Velocidade	X			
6	Retrabalho	X			
7	Qualidade Insatisfatória	X			X

Fonte: Caçador(2014).

Diante do exposto por Caçador (2014), é necessário que o usuário do *software* possa selecionar para cada parada os custos envolvidos. Conforme é observado no Quadro 5, como exemplo, pode-se verificar que o custo das paradas de “Início e fim de turno” devem ser valorados somente o custos da mão de obra operacional, mas não são valorados os outros custos. Desta forma, o *software* deve considerar e calcular o custo para cada tipo de parada por equipamento conforme demonstra o fluxograma definido na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma da valorização para o Gráfico Pareto de Custo.



Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

De acordo com a Figura 8 o *software* necessita calcular as valorizações para cada parada e, desta forma, utiliza-se das equações relacionadas abaixo, que são propostas por Caçador (2014).

- Equação para calcular o Valor da mão de obra do operador do equipamento. Para executar este cálculo o sistema busca o valor da hora do operador no cadastro de equipamentos e em seguida multiplica este valor pelo tempo da parada não programada informada no cenário. Conforme demonstrado no fluxograma da Figura 8, somente será executado este cálculo se a parada em questão estiver parametrizada para tal condição. A equação abaixo demonstra a forma como o sistema faz este cálculo.

$$\text{Valor\_Parada\_Operador} = \text{Total\_Horas\_parada} * \text{Valor\_MO\_Operador} \quad (4.12)$$

- Equação para calcular o Valor da mão de obra do manutentor do equipamento. Para executar este cálculo, da mesma forma como o cálculo do valor do operador, o sistema busca a informação se é para valorar uma determinada parada no cadastro de paradas e depois busca o valor da hora do manutentor no cadastro do equipamento. Desta forma, caso a parada esteja parametrizada para ser realizado o cálculo do seu dimensionamento, o sistema executa o procedimento de cálculo descrito na equação 4.13.

$$\text{Valor\_Parada\_Manutentor} = \text{Total\_Horas\_parada} * \text{Valor\_MO\_Manutentor} \quad (4.13)$$

- Equação para calcular o valor do total de refugo produzido pelo equipamento. Para executar este cálculo, o sistema busca no cadastro de paradas se a parada que estiver sendo processada, está parametrizada para valorar esta perda. Caso esteja parametrizada, no formulário de cenário no local de cadastro dos equipamentos do cenário há duas colunas que identificam respectivamente o volume de refugo produzido pelo equipamento e o preço médio da matéria prima daquele equipamento. Diante destes valores, o sistema consegue executar a equação que se segue.

$$\text{Valor\_Total\_Re\_fugo} = \text{Volume\_Re\_fugo} * \text{Custo\_Materia\_Prima}$$

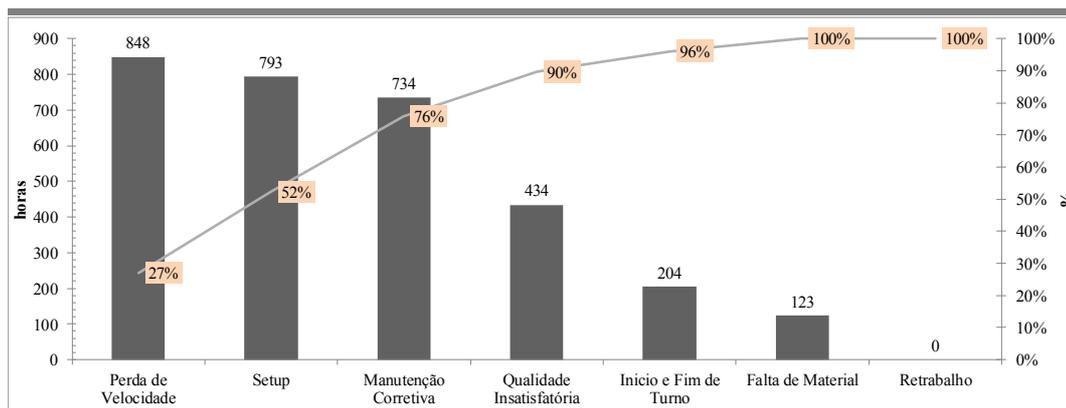
(4.14)

- No caso do custo das peças de reposição, não há equações envolvidas, uma vez que o custo da reposição é sempre informado somente na perda por paradas corretivas, e desta forma, sua valoração ocorre somente neste item e com um valor fixo no cadastro do equipamento.

Diante da apresentação do fluxograma e das equações o sistema é capaz de calcular os valores para gerar os gráficos de custo. Na Figura 9 é demonstrado o Pareto baseado no tempo (unidade horas) e na Figura 10 é demonstrado o gráfico de Pareto de Custos (unidade monetária Real), baseado no modelo proposto por Caçador (2014).

Figura 9 – Gráfico por unidade de tempo (unidade – horas) para o equipamento Extrusora 1.

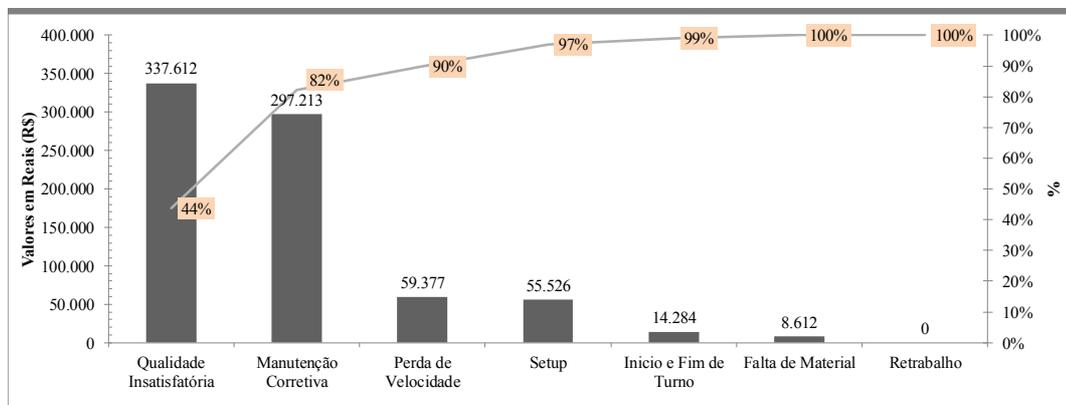
Gráfico de Pareto dos Motivos das Paradas - Ext.1 = 3.136 Horas/Ano



Autor: Caçador(2014).

Figura 10 – Gráfico de custo (unidade monetária Real) para o equipamento Extrusora 1.

Gráfico de Pareto da Valoração dos Motivos das Paradas - Ext.1 = \$772.624/Ano



Autor: Caçador(2014).

No presente trabalho é reproduzido através de um protótipo de ferramenta computacional o modelo proposto por Caçador *et al.* (2013), uma vez que o autor salienta que o modelo seria bem mais aproveitado se um *software* fosse desenvolvido. Nas próximas subseções desta dissertação, serão demonstrados os diagramas de Use Case para a construção deste *software*.

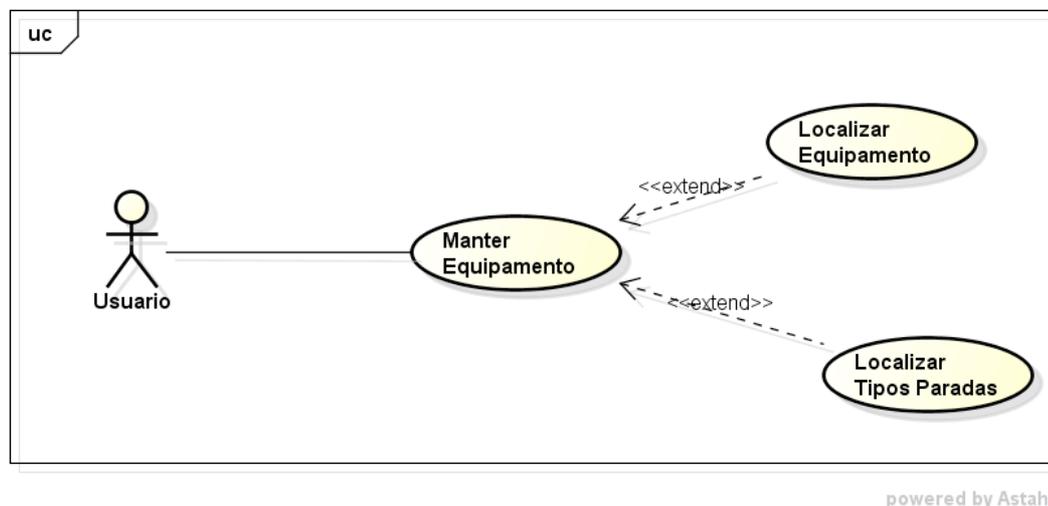
## 4.5 Diagramas de Use Case

Nesta subseção serão abordados os diagramas de *Use Case* para o desenvolvimento do *software*. Os diagramas de *use case* são diagramas dentro da Engenharia de *Software*, que auxiliam no levantamento dos requisitos de *software* e também para o desenvolvimento de um sistema, visto que eles funcionam como intermediadores do desenvolvedor com o modelo proposto.

### 4.5.1 Diagrama de Equipamentos

O diagrama de *use case* de equipamentos demonstra a forma como é feita a interação do *stakeholder* usuário com o sistema de acordo com a Figura 11.

Figura 11 – Diagrama de *Use Case* de Manter Equipamentos



Fonte: Autor (2014).

Conforme se observa na Figura 11, o usuário tem a possibilidade de manipular o cadastro de equipamentos que a fábrica pode ter, ou seja, ele pode executar o cadastro de um novo equipamento, a alteração do nome deste equipamento, apagar este equipamento do sistema, e também fazer a seleção de um determinado equipamento. No Quadro 6 são descritos as funcionalidades detalhadas utilizando o modelo descritivo do *use case*.

Quadro 6 – Descritivos do *use case* de equipamentos

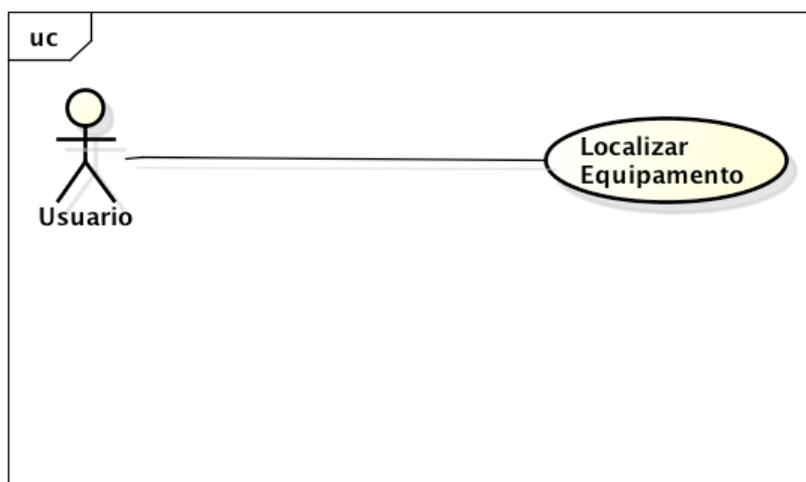
Use Case – Manter Equipamentos
<b>Breve Descritivo:</b> Este use case tem por objetivo a manipulação do cadastro, atualização, seleção e localização dos equipamentos no sistema.
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<b>Cenário Principal:</b> 1 - Abrir o formulário de equipamentos 1.1 Para novo equipamento: 1.1.1 Clicar no botão de Novo Equipamento; 1.1.2 Preencher código do equipamento e os dados; 1.1.3 Clicar no botão de Salvar Equipamento. 1.2 Para alterar um equipamento: 1.2.1 Localizar um equipamento que será alterado; 1.2.2 Clicar no botão de alterar documento; 1.2.3 Alterar os dados desejados; 1.2.4 Clicar no botão de Salvar Equipamento. 1.3 Para Exclusão do Item 1.3.1 Localizar um equipamento que será excluído 1.3.2 Clicar no botão de exclusão 1.3.3 Confirmar exclusão 1.4 Localizar um equipamento 1.4.1 Localizar o equipamento 1.4.2 Clicar em Selecionar
<b>Cenário Alternativo:</b> 1.2 – Novo Equipamento 1.2.2.1 – Caso o código do equipamento já esteja cadastrado enviar uma mensagem de erro ao usuário informando a duplicidade. 1.3 – Exclusão de Equipamento 1.3.1.1 – Caso o equipamento já esteja vinculado em alguma outra parte do sistema o processo será cancelado, visto que se deve garantir a integridade relacional dos dados.
<b>Tipo de Dados:</b> Para o cadastro do equipamento: Código: Alfanumérico; Descrição: Alfanumérico.
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor (2014).

#### 4.5.2 Localizar Equipamentos

O diagrama de localizar equipamentos define a forma como é feita a integração do usuário com o sistema, para a localização de um determinado equipamento de acordo com a Figura 12.

Figura 12 – Diagrama de Use Case de Localizar Equipamento



powered by Astah

Fonte: Autor (2014).

No Quadro 7 é demonstrado o descritivo deste *Use Case*.

Quadro 7 – Descritivo do *Use Case* – Localizar Equipamentos.

Use Case – Localizar Equipamentos
<b>Breve Descritivo:</b> Este Caso de uso tem por finalidade localizar um determinado Equipamento Cadastrado no sistema
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<b>Cenário Principal:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir o formulário de selecionar um equipamento</li> <li>2. Definir por qual campo é desejável a pesquisa</li> <li>3. Selecionar o equipamento</li> <li>4. Clicar no botão selecionar</li> </ol>
<b>Cenário Alternativo:</b> O usuário cancela a operação de selecionar um equipamento
<b>Tipo de Dados:</b> Para a localização do equipamento: Código: Alfanumérico; Descrição: Alfanumérico.
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor (2014).

No Quadro 7 é demonstrada a interação entre o usuário do sistema com a opção de localizar um equipamento.

#### 4.5.3 Diagrama de Unidades de Medida

O diagrama de unidades de medida demonstra a forma como é feita a interação do *stakeholder* usuário com o formulário de unidades de medida conforme demonstra Figura 13.

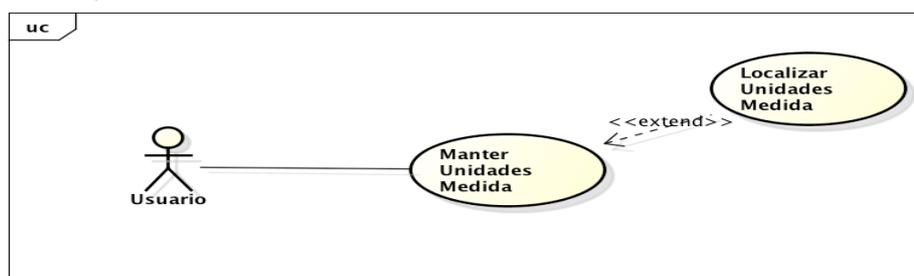
No Quadro 8 é demonstrado o descritivo do *Use Case* Manter Unidades Medida.

Quadro 8 – Descritivo de Manter Unidades de Medida.

Use Case – Manter Unidades de Medida
<b>Breve Descritivo:</b> Este use case tem por objetivo a manipulação do cadastro, atualização, seleção e localização das unidades de medida no sistema.
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<p><b>Cenário Principal:</b></p> <p>1- Abrir o formulário de unidades de medida</p> <p>1.1 Para nova unidade de medida:</p> <p>1.1.1 Clicar no botão de Nova Unidade de Medida;</p> <p>1.1.2 Preencher símbolo da unidade de medida e descrição;</p> <p>1.1.3 Clicar no botão de Salvar Unidades de Medida.</p> <p>1.2 Para alterar Unidades de Medida:</p> <p>1.2.1 Localizar uma Unidade de medida que será alterado;</p> <p>1.2.2 Clicar no botão de alterar documento;</p> <p>1.2.3 Alterar os dados desejados;</p> <p>1.2.4 Clicar no botão de Salvar Unidades de medida.</p> <p>1.3 Para Exclusão do Item</p> <p>1.3.1 Localizar uma unidade de medida que será excluído</p> <p>1.3.2 Clicar no botão de exclusão</p> <p>1.3.3 Confirmar exclusão</p> <p>1.4 Localizar uma Unidade de Medida</p> <p>1.4.1 Localizar a Unidade de Medida</p> <p>1.4.2 Clicar em Selecionar</p>
<p><b>Cenário Alternativo:</b></p> <p>1.1– Nova Unidade de medida</p> <p>1.1.3.1 – Caso o código da unidade de medida já esteja cadastrado enviar uma mensagem de erro ao usuário informando a duplicidade.</p> <p>1.4 – Exclusões de Unidade de Medida</p> <p>1.3.3.1 – Caso a unidade de medida já esteja vinculado em alguma outra parte do sistema o processo será cancelado, visto que se deve garantir a integridade relacional dos dados.</p>
<b>Tipo de Dados:</b> Para o cadastro do equipamento: Código: Alfanumérico; Descrição: Alfanumérico e Símbolo: Alfanumérico.
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor(2014).

Figura 13 – Diagrama de Use Case de Manter Unidades de Medida



powered by Astah

Fonte: Autor (2014).

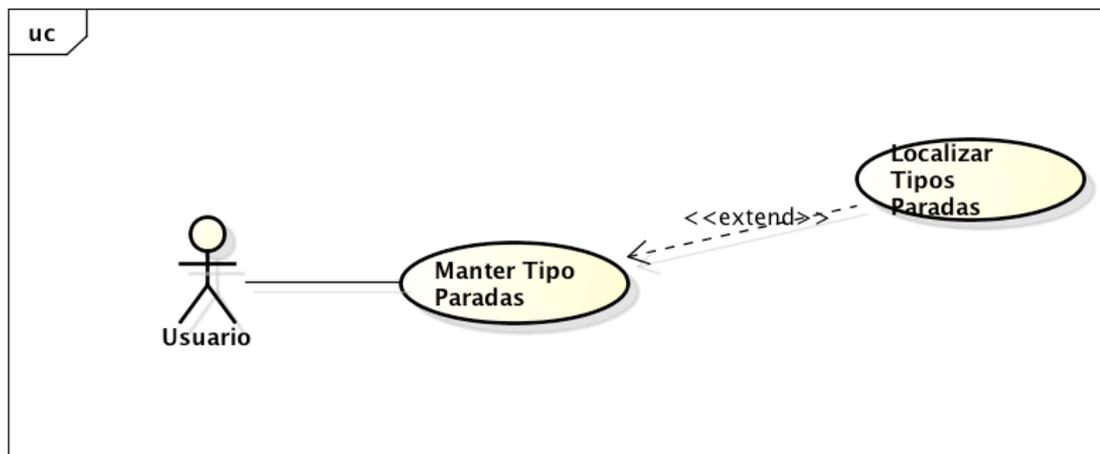
#### 4.5.4 Diagrama de Caso de uso de Manter Tipos de Parada

O diagrama de manter Tipos de Parada define a forma como é feita a integração do usuário com o sistema conforme mostra a Figura 14.

No Quadro 9 está o descritivo do *Use Case* Tipos de Paradas.

Quadro 9 – Descritivo do Use Case Tipos de Paradas

<b>Use Case – Manter Tipos de Paradas</b>
<b>Breve Descritivo:</b> Este use case tem por objetivo a manipulação do cadastro, atualização, seleção e localização dos tipos de cadastro no sistema.
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<p><b>Cenário Principal:</b></p> <p>1 - Abrir o formulário de Tipos de Cadastro</p> <p>1.1 Para novo Tipo de Cadastro:</p> <p>1.1.1 Clicar no botão de Novo Tipo de Paradas;</p> <p>1.1.2 Preencher Descrição da Parada, Tipo de Parada (Disponibilidade /Performance/Qualidade) e se é Planejada ou não;</p> <p>1.1.3 Clicar no botão de Salvar Tipos de Paradas.</p> <p>1.2 Para alterar um Tipo de Parada:</p> <p>1.2.1 Localizar um Tipo de Parada que será alterado;</p> <p>1.2.2 Clicar no botão de alterar documento;</p> <p>1.2.3 Alterar os dados desejados;</p> <p>1.2.4 Clicar no botão de Salvar Tipos de Paradas.</p> <p>1.3 Para Exclusão do Tipo de Parada</p> <p>1.3.1 Localizar um tipo de parada que será excluído</p> <p>1.3.2 Clicar no botão de exclusão</p> <p>1.3.3 Confirmar exclusão</p> <p>1.4 Localizar um Tipo de Parada</p> <p>1.4.1 Localizar um Tipo de Parada</p> <p>1.4.2 Clicar em Selecionar</p>
<p><b>Cenário Alternativo:</b></p> <p>1.1– Novo Tipo de Parada</p> <p>1.1.3.1 – Caso o código do Tipo de Parada já esteja cadastrado enviar uma mensagem de erro ao usuário informando a duplicidade.</p> <p>1.4 – Exclusões de Tipo de Parada</p> <p>1.3.3.1 – Caso o Tipo de Parada já esteja vinculado em alguma outra parte do sistema o processo será cancelado, visto que se deve garantir a integridade relacional dos dados.</p>
<b>Tipo de Dados:</b> Para o cadastro do Tipo de Parada: Código: Alfanumérico; Descrição: Alfanumérico; Tipo de Parada: Seleccionável; Planejada: Booleano.
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Figura 14 – Diagrama de *Use Case* de Manter Tipos de Parada

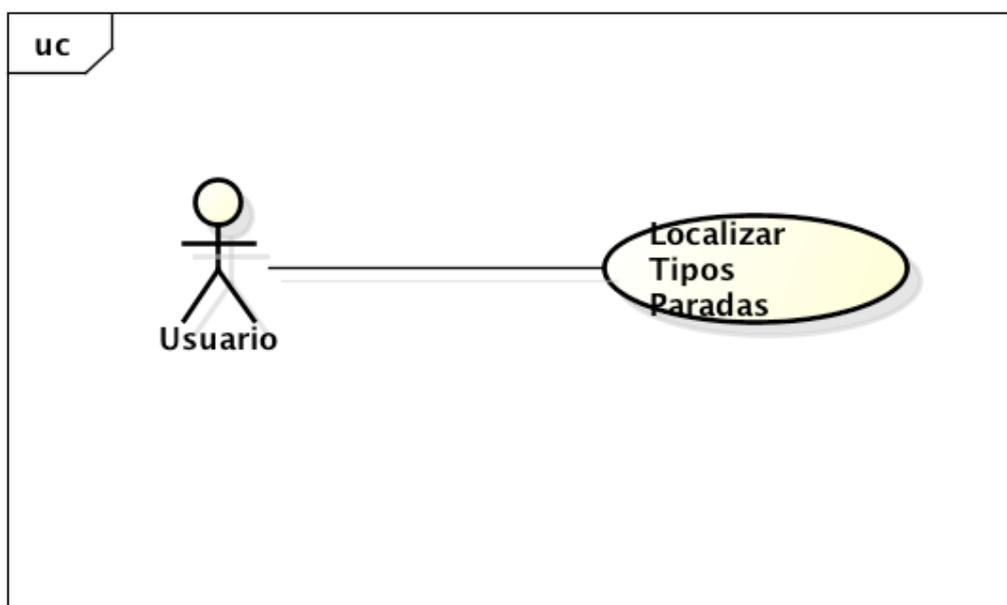
powered by Astah

Fonte: Autor(2014).

#### 4.5.5 Diagrama de *Use Case* Localizar Tipo de Parada

O diagrama de localizar Tipos de Parada define a forma como é feita a integração do usuário com o sistema, para a localização de um determinado Tipo de Parada de acordo com a Figura 15.

Figura 15 – Localizar um Tipo de Parada



powered by Astah

Fonte: Autor(2014)

No Quadro 10 será detalhado o descritivo do *Use Case* para localizar um Tipo de Parada.

Quadro 10 – Descritivo do *Use Case* localizar Tipo de Parada.

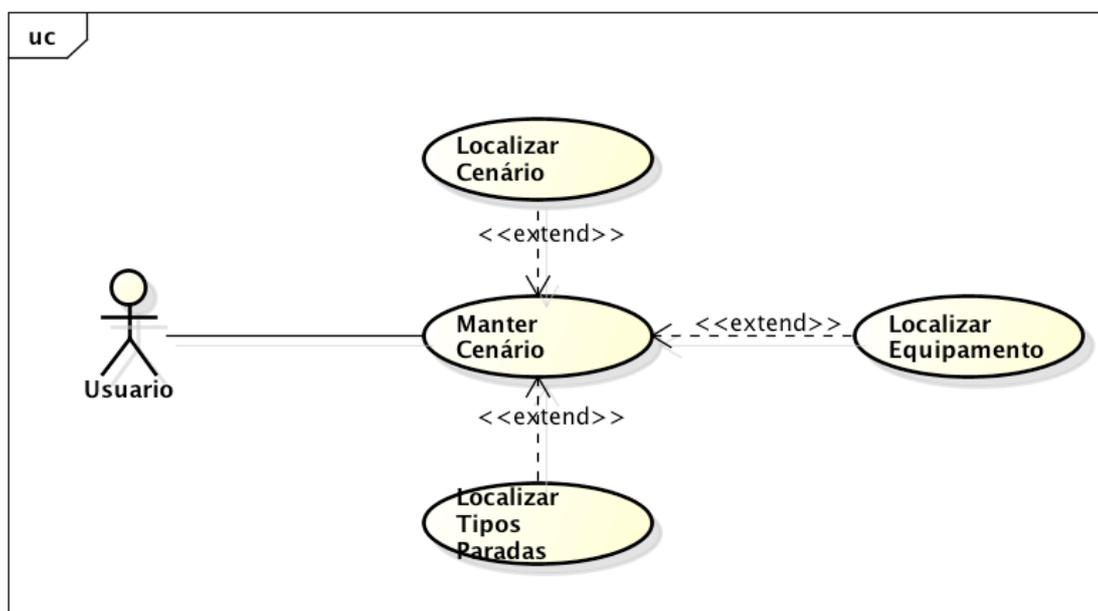
Use Case – Localizar Tipo de Parada
<b>Breve Descritivo:</b> Este Caso de uso tem por finalidade localizar um determinado Tipo de Parada Cadastrado no sistema
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<b>Cenário Principal:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir o formulário de selecionar um tipo de parada</li> <li>2. Definir por qual campo é desejável a pesquisa</li> <li>3. Selecionar o Tipo de Parada</li> <li>4. Clicar no botão selecionar</li> </ol>
<b>Cenário Alternativo:</b> O usuário cancela a operação de selecionar um Tipo de Parada
<b>Tipo de Dados:</b> Para a localização do Tipo de Parada: Código: Alfanumérico; Descrição: Alfanumérico.
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor (2014)

#### 4.5.6 Diagrama de *Use Case* – Manter Cenário

O diagrama de Manter Cenário define a interação do usuário com o sistema conforme demonstra a Figura 16.

Figura 16 – Diagrama de *Use Case* de Manter Cenário



No Quadro 11 está o descritivo do diagrama de *Use Case* de Manter Cenário.

Quadro 11 – Descritivo do Diagrama de *Use Case* Manter Cenário

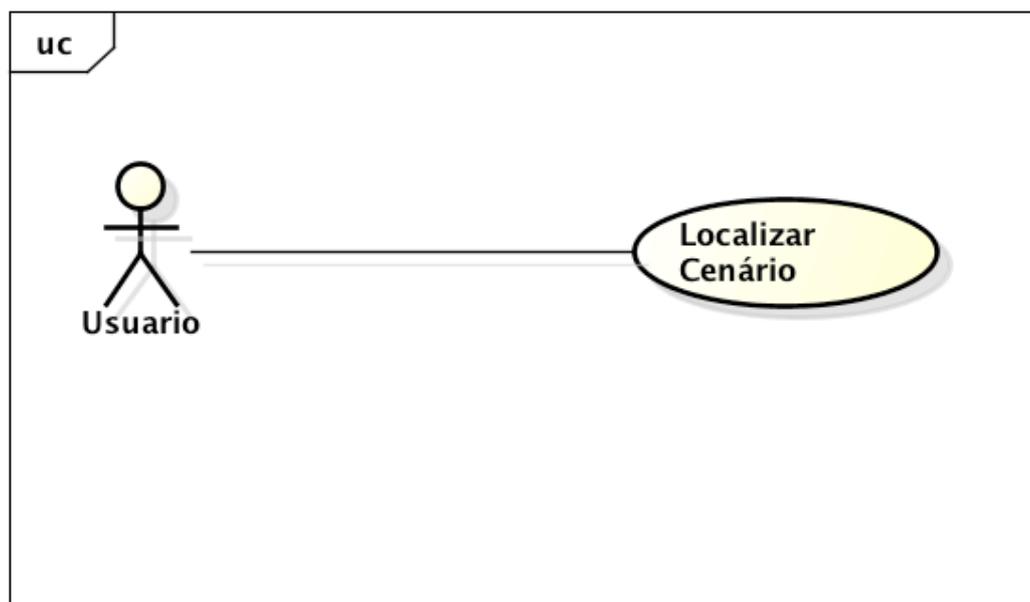
Use Case – Manter Cenário
<b>Breve Descritivo:</b> Este <i>use case</i> tem por objetivo a manipulação do cadastro, atualização, seleção e localização dos Cenários no Sistema.
<b>Pré-Condições:</b> Os equipamentos, tipos de paradas já devem estar cadastrados no sistema.
<b>Atores:</b> Usuário
<p><b>Cenário Principal:</b></p> <p>1- Abrir o formulário de Cenários.</p> <p>1.1 Para novo Cenário:</p> <p>1.1.1 Clicar no botão de Novo Cenário;</p> <p>1.1.2 Preencher o Período em que os dados foram coletados;</p> <p>1.1.3 Clicar no botão de Salvar Cenário.</p> <p>1.1.4 Cadastrar os equipamentos do cenário clicando no botão de novo equipamento</p> <p>1.1.5 Preencher os dados solicitados, incluindo os equipamentos</p> <p>1.1.6 Clicar no botão de Salvar os equipamentos do Cenário</p> <p>1.1.7 Cadastrar as paradas de cada um dos equipamentos</p> <p>1.1.8 Clicar no botão de paradas de cada um dos equipamentos</p> <p>1.1.9 Preencher os dados</p> <p>1.1.10 Salvar os dados de cada um dos equipamentos</p> <p>1.2 Para alterar um Cenário:</p> <p>1.2.1 Localizar um Cenário que será alterado;</p> <p>1.2.2 Clicar no botão de alterar documento;</p> <p>1.2.3 Alterar os dados desejados;</p> <p>1.2.4 Clicar no botão de Salvar Custo.</p> <p>1.2.5 Para alterar os equipamentos do cenário</p> <p>1.2.6 Clicar no botão alterar equipamento do cenário.</p> <p>1.2.7 Alterar os dados desejados</p> <p>1.2.8 Clicar no botão de Salvar Equipamentos e Cenários</p> <p>1.2.9 Para alterar as paradas dos equipamentos do cenário</p> <p>1.2.10 Clicar no botão alterar paradas dos equipamentos do cenário.</p> <p>1.2.11 Alterar os dados desejados</p> <p>1.2.12 Clicar no botão de salvar paradas dos equipamentos do cenário.</p> <p>1.3 Para Exclusão do Cenário</p> <p>1.3.1 Localizar um Cenário que será excluído</p> <p>1.3.2 Clicar no botão de exclusão</p> <p>1.3.3 Confirmar exclusão</p> <p>1.3.4 Para exclusão dos equipamentos do cenário</p> <p>1.3.5 Clicar no botão de exclusão</p> <p>1.3.6 Confirmar exclusão</p> <p>1.3.7 Para exclusão das paradas dos equipamentos do cenário</p> <p>1.3.8 Clicar no botão de exclusão</p> <p>1.3.9 Confirmar exclusão</p> <p>1.4 Localizar um Cenário</p> <p>1.4.1 Localizar um Cenário</p> <p>1.4.2 Clicar em Selecionar</p>
<p><b>Cenário Alternativo:</b></p> <p>1.1– Novo Cenário</p> <p>1.1.10.1 – Caso o código do Cenário já esteja cadastrado enviar uma mensagem de erro ao usuário informando a duplicidade.</p>
<b>Tipo de Dados:</b> Descrito no Quadro 3
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor(2014).

#### 4.5.7 Diagrama de Use Case Localizar Cenário

O diagrama de localizar Cenário define a forma como é feita a integração do usuário com o sistema, para a localização de um determinado Cenário de acordo com a Figura 17.

Figura 17 – Diagrama de Use Case – Localizar Cenário



powered by Astah

Fonte: Autor (2014)

No Quadro 12 está o descritivo de Use Case do Diagrama de Localizar Cenário.

Quadro 12 – Descritivo do Use Case – Localizar Cenário

Use Case – Localizar Cenário
<b>Breve Descritivo:</b> Este Caso de uso tem por finalidade localizar um determinado Cenário Cadastrado no sistema
<b>Pré-Condições:</b> Não Existem pré-condições para a execução desta operação
<b>Atores:</b> Usuário
<b>Cenário Principal:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir o formulário de selecionar um Cenário</li> <li>2. Definir por qual campo é desejável a pesquisa</li> <li>3. Selecionar o Cenário</li> <li>4. Clicar no botão selecionar</li> </ol>
<b>Cenário Alternativo:</b> O usuário cancela a operação de selecionar um Cenário
<b>Tipo de Dados:</b> Data Inicial
<b>Observações:</b>
<b>Data:</b> 05/12/2013
<b>Versão:</b> 1.0

Fonte: Autor (2014).

#### 4.6 Formulários do Sistema

Nesta subseção serão demonstrados os formulários já prontos do protótipo do sistema proposto neste trabalho.

Na Figura 18 está o cadastro de Equipamentos, que é responsável por efetuar os registros dos equipamentos e os valores necessários para as valorações dos custos.

Na Figura 19 encontra-se o formulário principal do sistema, o qual se observa do lado esquerdo da Figura 19 o *menu* para acesso aos formulários do sistema.

Na Figura 20 encontra-se o formulário do cadastro de unidades de medida, que são responsáveis pelo registro das unidades de medida que são utilizados no cadastro de cenário para definir qual é a unidade de medida padrão que o equipamento trabalha.

Na Figura 21 encontra-se o formulário do cadastro de tipos de paradas, que são responsáveis pelo cadastro das perdas que os equipamentos tiveram dentro do período informado. Neste cadastro também é possível definir quais são os custos valorados.

Figura 18 – Formulário de Cadastro de Equipamentos

Manutenção de Equipamentos

Novo Editar Salvar Localizar Apagar Cancelar Atualizar Sair

Código Equipamento

Descrição do Equipamento

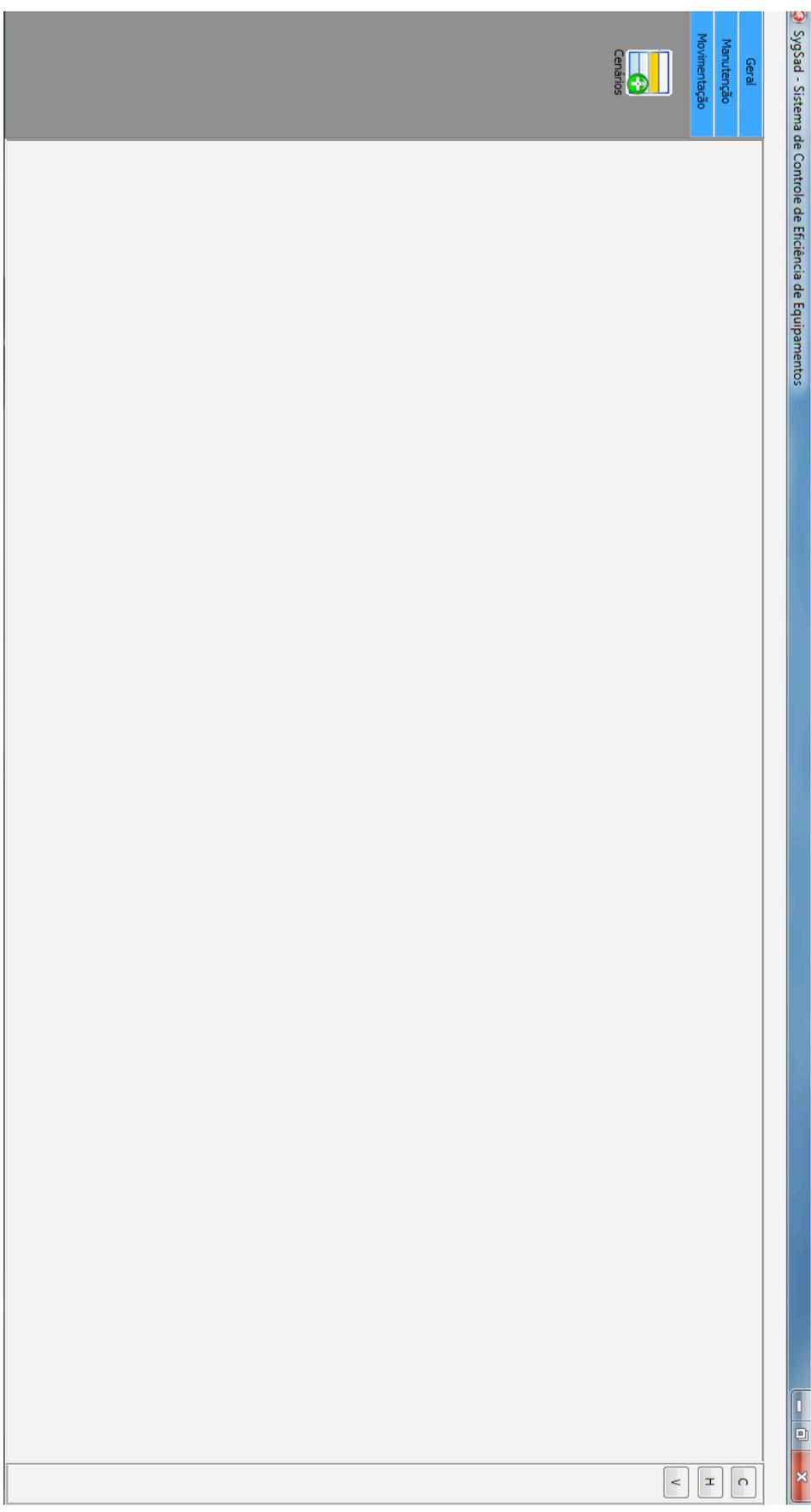
Valores para Valorização do Equipamento:

Valor Operador/Hora      Custo Reposição Peças

Valor Manutentor/Hora

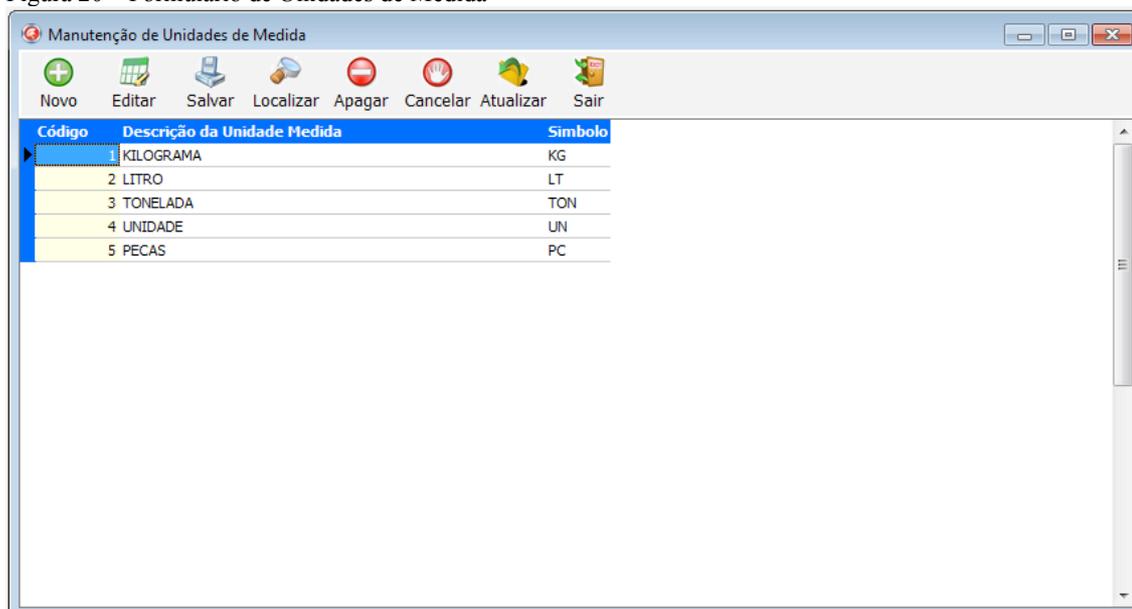
Fonte: Autor (2014).

Figura 19 – Formulário Principal do *Software* Proposto.



Fonte: Autor (2014)

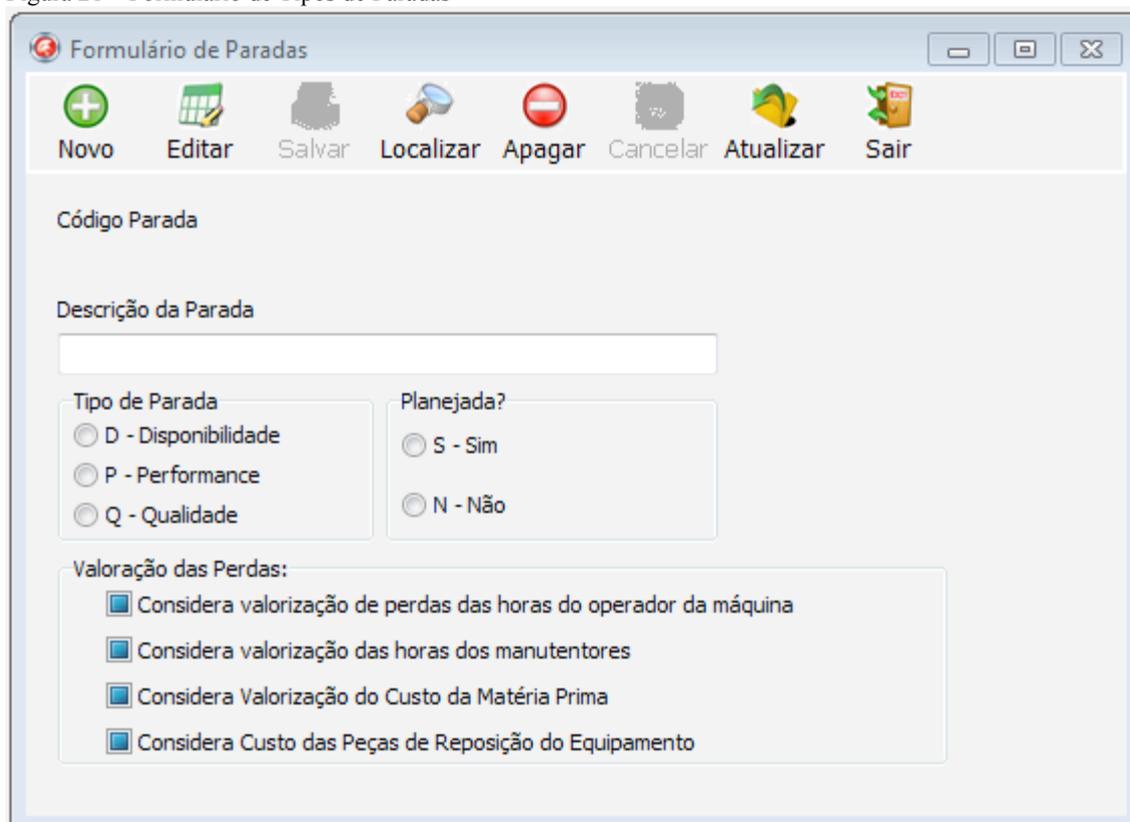
Figura 20 – Formulário de Unidades de Medida



Código	Descrição da Unidade Medida	Símbolo
1	KILOGRAMA	KG
2	LITRO	LT
3	TONELADA	TON
4	UNIDADE	UN
5	PECAS	PC

Fonte: Autor (2014)

Figura 21 – Formulário de Tipos de Paradas



Código Parada

Descrição da Parada

Tipo de Parada

D - Disponibilidade

P - Performance

Q - Qualidade

Planejada?

S - Sim

N - Não

Valoração das Perdas:

Considera valorização de perdas das horas do operador da máquina

Considera valorização das horas dos manutentores

Considera Valorização do Custo da Matéria Prima

Considera Custo das Peças de Reposição do Equipamento

Fonte: Autor(2014)

#### 4.7 Simulação do cenário e gráficos apresentados pelo sistema.

De posse do *software* construído parte-se agora para fazer as simulações do *software*, que serão baseados no modelo proposto por Caçador (2014), serão digitados os mesmos dados no sistema, visto que, será uma forma de validar o *software* com o modelo proposto pelo autor.

Para iniciar a simulação é necessário fazer os devidos cadastros, que são os cadastros de equipamentos, cadastro de paradas e cadastros de unidades de medida.

No Quadro 13 estão os dados que serão inseridos no cadastro de equipamentos, no Quadro 14 estão cadastrados os tipos de paradas e para efeitos de simulação, somente é cadastro a unidade de medida KG.

Quadro 13 – Cadastro que serão imputados no cadastro de equipamentos.

Código	Descrição	Valor Hora Operador	Valor Hora Manutentor	Valor Peças Reposição
EXT-01	Extrusora 1	23,34	32,34	198.384,00
LAM-01	Laminadora 1	22,15	32,34	212.145,00
IMP-01	Impressora 01	26,84	32,34	195.834,00
IMP-02	Impressora 02	26,84	32,34	219.823,00
COR-01	Cortadeira 01	19,39	32,34	94.054,00
COR-02	Cortadeira 02	19,39	32,34	93.045,00
COR-03	Cortadeira 03	19,39	32,34	64.741,00
COR-04	Cortadeira 04	19,39	32,34	83.874,00

Fonte: Adaptado de Caçador(2014).

Para simular o cenário no *software*, será utilizado um período que compreende entre 01/01/2013 até 31/12/2013 totalizando assim 8760 horas calendário.

Após devidamente cadastrado o tempo proposto do cenário, o próximo passo são os equipamento que serão tratados neste cenário, conforme é visto no Quadro 15.

Quadro 14 – Cadastro de paradas de equipamento.

Código	Descrição	Tipo de Parada	Planejada	Considera Custo do Operador?	Considera Custo dos Manutentores?	Considera Valoração Matéria Prima?	Considera Custo Peças de Reposição?
1	Início e Fim de turno	Disponibilidade	Não	Sim	Não	Não	Não
2	Manutenção Preventiva	Disponibilidade	Sim	Não	Não	Não	Não
3	Manutenção Corretiva	Disponibilidade	Não	Sim	Sim	Não	Sim
4	Perda de <i>Performance</i>	<i>Performance</i>	Não	Sim	Não	Não	Não
5	Falta de Material	Disponibilidade	Não	Sim	Não	Não	Não
6	Retrabalho	Qualidade	Não	Sim	Não	Não	Não
7	Final de Semana	Disponibilidade	Sim	Não	Não	Não	Não
8	Feriados	Disponibilidade	Sim	Não	Não	Não	Não
9	<i>Setup</i>	Disponibilidade	Não	Sim	Não	Não	Não
10	Qualidade Insatisfatória	Qualidade	Não	Sim	Não	Sim	Não
11	Refeição	Disponibilidade	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

Quadro 15 – Cadastro dos equipamentos do cenário, não considerando custo.

Código do Equipamento	Fase	Unidade	Saturação Desejada	Valor Nominal de Produto	Demanda Produto
EXT 1	10	Kg	90%	384,00/Kg/Hora	1.600.000,00
LAM 1	20	Kg	90%	404,00/Kg/Hora	1.600.000,00
IMP 1	30	Kg	90%	254,00/Kg/Hora	700.000,00
IMP 2	30	Kg	90%	264,00/Kg/Hora	900.000,00
COR 1	40	Kg	90%	113,33/Kg/Hora	500.000,00
COR 2	40	Kg	90%	150,00/Kg/Hora	450.000,00
COR 3	40	Kg	90%	148,00/Kg/Hora	350.000,00
COR 4	40	Kg	90%	145,00/Kg/Hora	300.000,00

Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

Os dados do Quadro 15, não estão considerando os *inputs* necessários para que o sistema consiga gerar os gráficos de custo. Estes valores serão informados em subseção seguinte. Para a sequência, é necessário informar para cada equipamento as paradas programadas e não programadas. As Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, definem respectivamente as paradas dos equipamentos do Quadro 15.

Figura 22 – Paradas do equipamento extrusora 1.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
17	1	INICIO E FIM DE TURNO	204	Disponibilidade	Não Planejada
18	9	SETUP	793	Disponibilidade	Não Planejada
19	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	734	Disponibilidade	Não Planejada
20	5	FALTA DE MATERIAL	123	Disponibilidade	Não Planejada
21	4	PERDA DE PERFORMANCE	848	Performance	Não Planejada
22	10	DEFEITOS	434	Qualidade	Não Planejada
69	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada
70	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
73	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada

---

Soma de Horas Planejadas: 1632,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 3136,00

---

Fonte: Autor (2014).

De acordo com a Figura 22, as paradas do equipamento extrusora 1 são todas digitadas, independentemente de elas serem planejadas ou não. Todas as paradas estão digitadas em horas e compreendem todo o período do histórico que se deseja lançar neste cenário. O sistema totaliza as horas conforme se pode observar no rodapé da Figura 22.

Diante deste contexto as próximas Figuras correspondem às paradas dos outros equipamentos, podendo desta forma é possível observar todos os tempos digitados para a simulação de teste do *software*.

Figura 23 – Paradas da laminadora 1.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
23	1	INICIO E FIM DE TURNO	78	Disponibilidade	Não Planejada
24	9	SETUP	739	Disponibilidade	Não Planejada
25	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	646	Disponibilidade	Não Planejada
26	5	FALTA DE MATERIAL	139	Disponibilidade	Não Planejada
27	4	PERDA DE PERFORMANCE	697	Performance	Não Planejada
28	10	DEFEITOS	410	Qualidade	Não Planejada
75	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
76	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
87	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

Soma de Horas Planejadas: 1632,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 2709,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 24 – Paradas da impressora 1.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
29	1	INICIO E FIM DE TURNO	83	Disponibilidade	Não Planejada
30	9	SETUP	856	Disponibilidade	Não Planejada
31	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	582	Disponibilidade	Não Planejada
32	5	FALTA DE MATERIAL	253	Disponibilidade	Não Planejada
33	4	PERDA DE PERFORMANCE	1338	Performance	Não Planejada
34	10	DEFEITOS	381	Qualidade	Não Planejada
77	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
78	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
88	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

Soma de Horas Planejadas: 1632,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 3493,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 25 – Paradas da impressora 2.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
35	1	INICIO E FIM DE TURNO	67	Disponibilidade	Não Planejada
36	9	SETUP	874	Disponibilidade	Não Planejada
37	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	549	Disponibilidade	Não Planejada
38	5	FALTA DE MATERIAL	179	Disponibilidade	Não Planejada
39	4	PERDA DE PERFORMANCE	1399	Performance	Não Planejada
40	10	DEFEITOS	282	Qualidade	Não Planejada
79	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
80	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
89	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

Soma de Horas Planejadas: 1632,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 3350,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 26 – Paradas da cortadeira 1.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
223	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
224	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
225	11	REFEICA0	936	Disponibilidade	Planejada
226	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada
227	1	INICIO E FIM DE TURNO	123	Disponibilidade	Não Planejada
228	9	SETUP	543	Disponibilidade	Não Planejada
229	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	445	Disponibilidade	Não Planejada
230	5	FALTA DE MATERIAL	230	Disponibilidade	Não Planejada
231	4	PERDA DE PERFORMANCE	547	Performance	Não Planejada
232	6	RETRABALHO	259	Qualidade	Não Planejada
233	10	DEFEITOS	330	Qualidade	Não Planejada

Soma de Horas Planejadas: 2568,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 2477,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 27 – Paradas da cortadeira 2.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
48	1	INICIO E FIM DE TURNO	119	Disponibilidade	Não Planejada
49	9	SETUP	583	Disponibilidade	Não Planejada
50	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	693	Disponibilidade	Não Planejada
51	5	FALTA DE MATERIAL	259	Disponibilidade	Não Planejada
52	4	PERDA DE PERFORMANCE	714	Performance	Não Planejada
53	6	RETRABALHO	279	Qualidade	Não Planejada
54	10	DEFEITOS	325	Qualidade	Não Planejada
83	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
84	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
85	11	REFEICA0	936	Disponibilidade	Planejada
214	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

Soma de Horas Planejadas: 2568,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 2972,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 28 – Paradas cortadeira 3.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
55	1	INICIO E FIM DE TURNO	98	Disponibilidade	Não Planejada
56	9	SETUP	485	Disponibilidade	Não Planejada
57	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	432	Disponibilidade	Não Planejada
58	5	FALTA DE MATERIAL	210	Disponibilidade	Não Planejada
59	4	PERDA DE PERFORMANCE	623	Performance	Não Planejada
60	6	RETRABALHO	289	Qualidade	Não Planejada
61	10	DEFEITOS	340	Qualidade	Não Planejada
215	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
216	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
217	11	REFEICA0	936	Disponibilidade	Planejada
218	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

Soma de Horas Planejadas: 2568,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 2477,00

Fonte: Autor(2014).

Figura 29 – Paradas da cortadeira 4.

Id.	Id. Parada (F2)	Descrição da Parada	Horas Parada	Categoria OEE	Tipo Parada
62	1	INICIO E FIM DE TURNO	107	Disponibilidade	Não Planejada
63	9	SETUP	524	Disponibilidade	Não Planejada
64	3	MANUTENÇÃO CORRETIVA	571	Disponibilidade	Não Planejada
65	5	FALTA DE MATERIAL	330	Disponibilidade	Não Planejada
66	4	PERDA DE PERFORMANCE	657	Performance	Não Planejada
67	6	RETRABALHO	307	Qualidade	Não Planejada
68	10	DEFEITOS	290	Qualidade	Não Planejada
219	7	FINAL DE SEMANA	1248	Disponibilidade	Planejada
220	8	FERIADOS	240	Disponibilidade	Planejada
221	11	REFEICA0	936	Disponibilidade	Planejada
222	2	MANUTENCAO PREVENTIVA	144	Disponibilidade	Planejada

**Soma de Horas Planejadas: 2568,00 - Soma Horas NÃO Planejadas: 2786,00**

Fonte: Autor (2014).

Após a digitação de todos os dados em seus respectivos locais, o sistema está pronto para gerar o gráfico de estudo da capacidade, uma vez que, todos os dados foram digitados para este propósito.

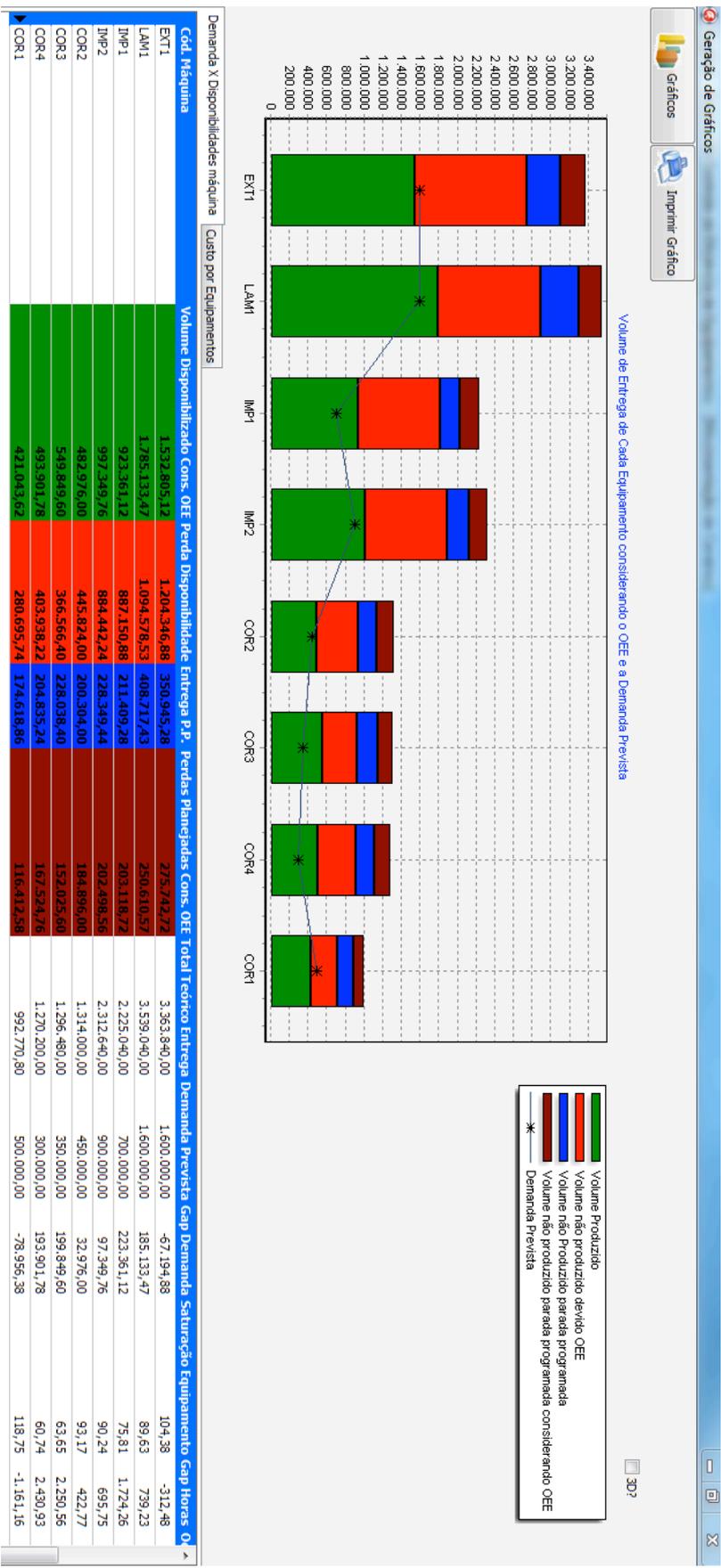
Gerando o gráfico de estudo da capacidade, o mesmo apresentará o seguinte resultado, conforme se observa na Figura 30. Para gerar este gráfico o sistema utiliza o modelo proposto por Caçador (2014), além de seguir as equações e os fluxogramas já apresentados neste trabalho.

Como se pode observar na Figura 30, todos os equipamentos estão listados e são visualizadas algumas barras por equipamento. Na barra de Cor Verde, é demonstrado o nível de capacidade atual de produção do equipamento, ou seja, considerando o OEE atual e as horas disponíveis para a produção, a barra acima são as perdas que o equipamento está tendo, considerando o índice de ineficiência do processo, ou seja, aquilo que deixou de ser produzido por alguma parada não programada.

Na barra azul é demonstrado o nível do volume de produção, utilizando-se do tempo total de paradas programadas e, por fim, a barra marrom, seria o índice de ineficiência se utilizasse o tempo das paradas programadas considerando o OEE atual da máquina.

Outro item que é observado no gráfico da Figura 30 é uma linha que percorre todos os equipamentos. Esta linha tem por objetivo informar qual é a demanda prevista para o próximo período. Devido a posição desta linha é possível observar se o equipamento tem condições ou não de atender a demanda prevista.

Figura 30 – Gráfico gerado pelo protótipo do *software* sobre o estudo da capacidade.



Fonte: Adaptado de Cacador (2014).

Ademais, na planilha que existem abaixo da Figura 30, são observados os valores que compõem a geração do gráfico e alguns outros, tais como o GAP em horas para o atendimento a demanda, ou seja, por intermédio deste valor é possível observar quantas horas estão sobrando para o atendimento à demanda, ou quantas horas ainda faltam para atender a demanda, bem como informações como volume necessário para o atendimento da produção prevista.

Com os dados já inseridos no sistema também é possível gerar outro gráfico por equipamento, Pareto em horas. Estes gráficos tem a finalidade de montar um gráfico de Pareto para que o usuário possa avaliar quais são as horas que mais estão impactando nas perdas por paradas não programadas.

Na Figura 31 estão as principais perdas do equipamento extrusora 1.

É possível observar na Figura 31 que a principal perda considerando as horas é referente a Perda de *Performance* que corresponde a um total de 848 horas e em seguida vem as paradas por *Setup* que corresponde a 793 horas e em terceiro, fechando o ciclo de 80% das perdas está a perda por parada corretiva que representa 734 horas no total.

Outros gráficos possíveis de serem gerados, com as informações digitadas até agora são os gráficos referente ao total das paradas não programadas em horas, considerando todos os equipamentos, conforme pode ser observado na Figura 32.

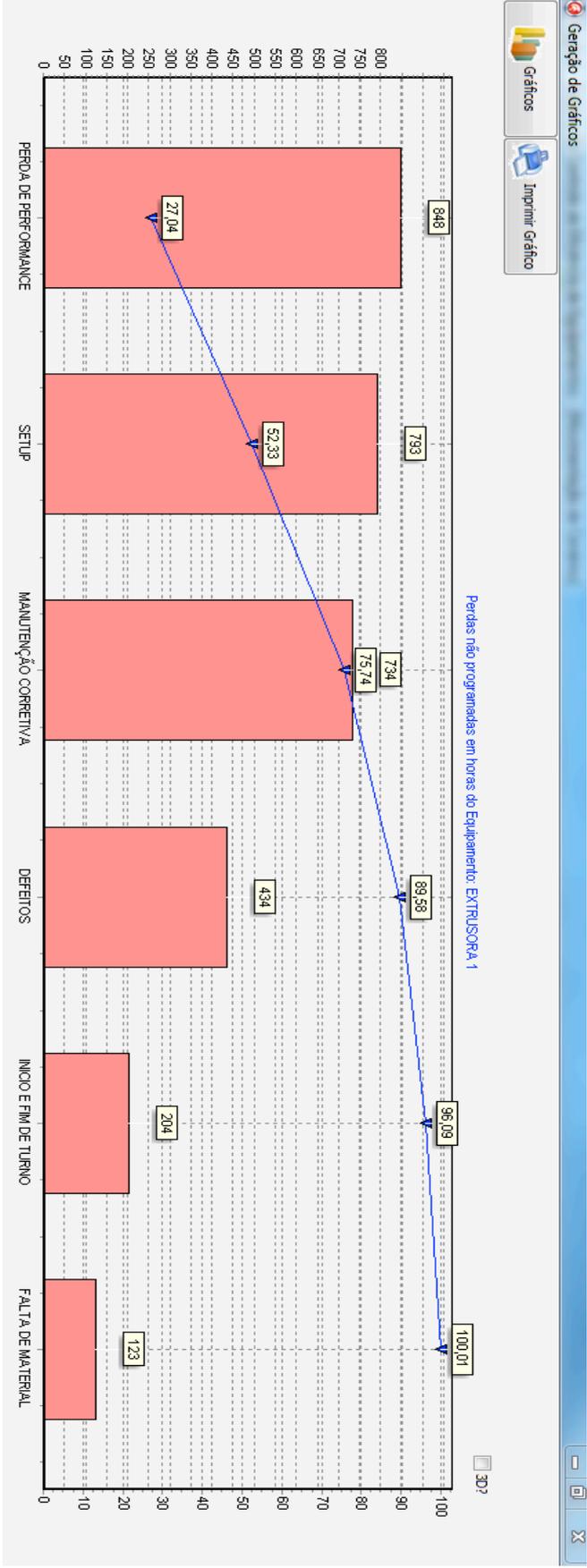
O Sistema permite ainda a geração de um quarto gráfico, para fazer o Pareto em horas, que são o total de horas não programadas por equipamento, mostrando desta forma quais são os equipamentos que mais tem perdas de horas não programadas.

Na Figura 33 é possível observar estes valores conforme descritos no modelo por Caçador (2014), este gráfico foi gerado utilizando o recurso em 3D já que o sistema permite esta possibilidade.

No entanto, o modelo proposto por Caçador (2014) ainda leva em consideração a questão do custo, o qual não foi informado os dados no sistema para que o mesmo consiga gerar os gráficos conforme o modelo sugere.

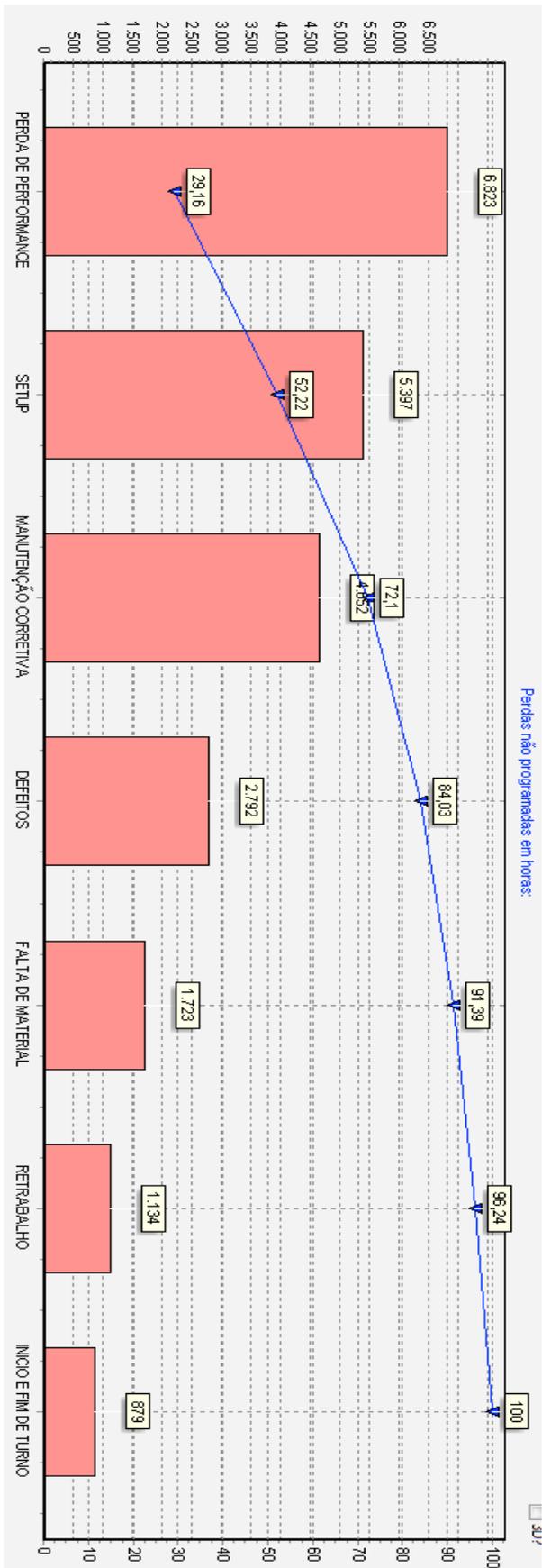
Para isso, no Quadro 16 serão demonstrados os valores imputados para que o gráfico possa ser gerado pelo sistema.

Figura 31 – Gráfico de Pareto das paradas não programadas do equipamento extrusora 1.



Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

Figura 32 – Total das perdas não programadas de todos os equipamentos



Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

Quadro 16 – Variáveis de custo para a geração dos gráficos de custo.

Código do Equipamento	Fase	Número Operador	Número Manutentor	Custo M.P. por Unidade	Quantidade Refugo Produzido
Ext1	10	3	2	R\$ 4,23	72.629,55
LAM1	20	4	2	R\$ 5,05	101.496,63
IMP1	30	4	2	R\$ 5,68	47.836,62
IMP2	30	4	2	R\$ 5,68	37.957,75
COR1	40	1	1	R\$ 5,68	27.160,92
COR2	40	1	1	R\$ 5,68	21.013,20
COR3	40	1	1	R\$ 5,68	28.644,01
COR4	40	1	1	R\$ 5,68	21.061,09

Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

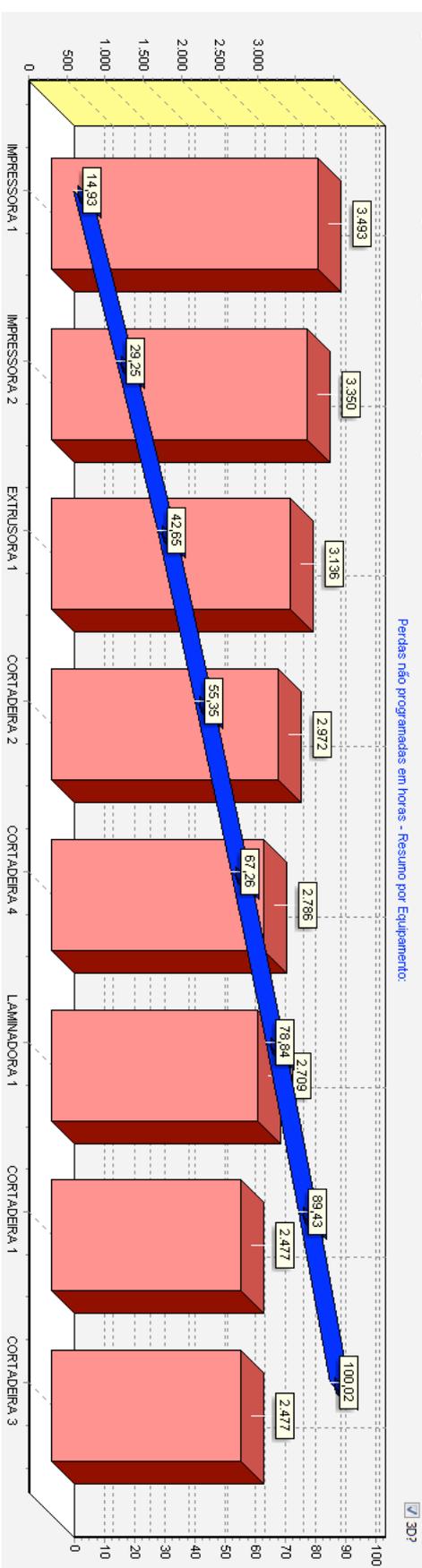
Após estes dados serem digitados no sistema, o sistema tem a capacidade de gerar os gráficos de custos de acordo com as Figuras 34, 35 e 36.

Após todos os gráficos devidamente apresentados o sistema permite a possibilidade da geração de cenários. Para o uso desta funcionalidade, no formulário de cenário, há uma opção chamada “Copiar para Cenário”.

Zuchi *et al.* (2013) afirmam que a possibilidade da geração de cenários é essencial para o lançamento de projetos de melhoria e diante deste fato, o sistema possibilita esta funcionalidade utilizando o modelo proposto por Caçador (2014).

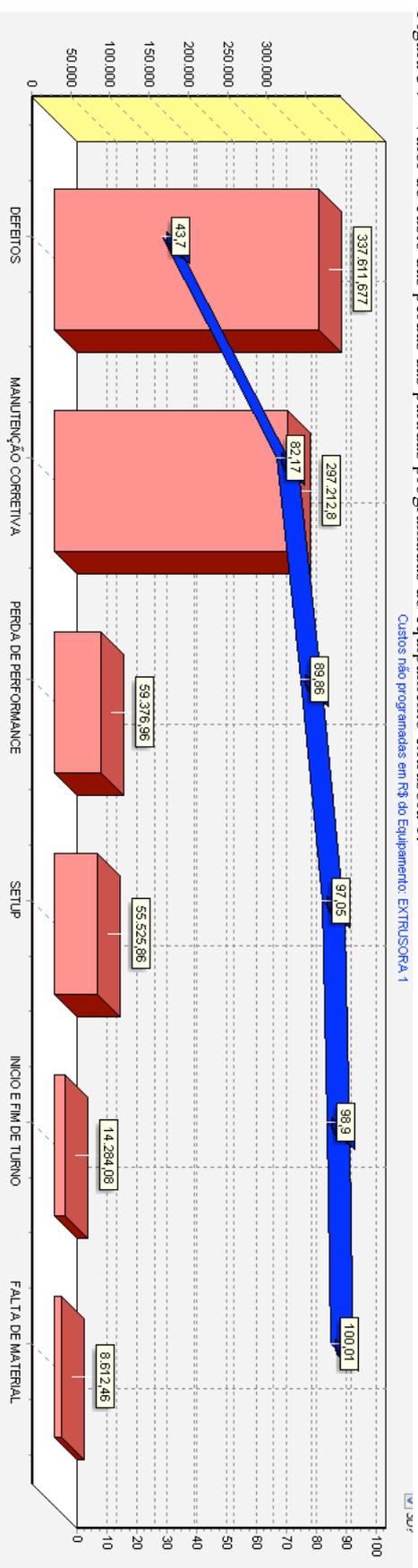
Sistematicamente o sistema faz uma cópia dos dados, e em seguida o usuário poderá alterar os valores, diminuindo ou aumento os *inputs* das paradas programadas ou não programadas, e em seguida gerar todos os gráficos novamente, no entanto, com os valores para se visualizar se houve ou não atendimento da Demanda ou redução de custos. Na Figura 37 é demonstrado um gráfico onde foi reduzido o tempo da parada não programada SETUP de 793 horas para 200 Horas no equipamento Ext1, e desta forma então, é possível observar que houve atendimento a Demanda no equipamento Extrusora 1 em relação ao gráfico da Figura 30. Como se alterou os valores das paradas de máquinas, os outros gráficos também serão alterados, já que a fonte agora passa a ser o cenário que é baseado na informação original. Como forma de se manter um vínculo entre o cenário real e os de simulação, o sistema mantém uma ligação entre os elementos a fim de que o usuário possa gerar os gráficos e comparar os lançamentos de projetos para atendimento à demanda.

Figura 33 – Pareto das perdas agrupadas por equipamento



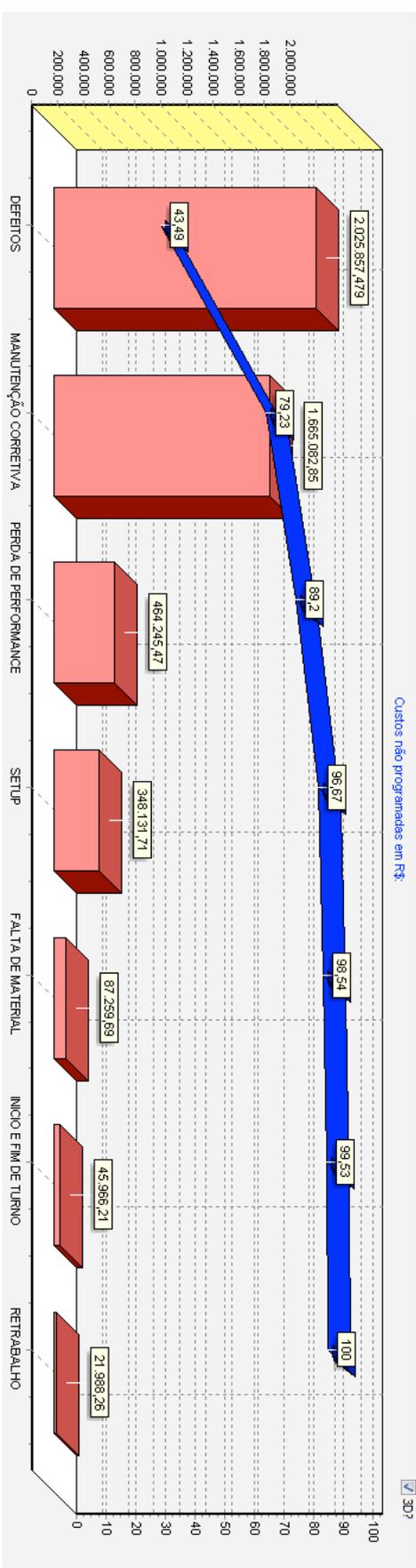
Fonte: Adaptado de Cacador (2014).

Figura 34 – Valor do custo das paradas programadas do equipamento extrusora 1.



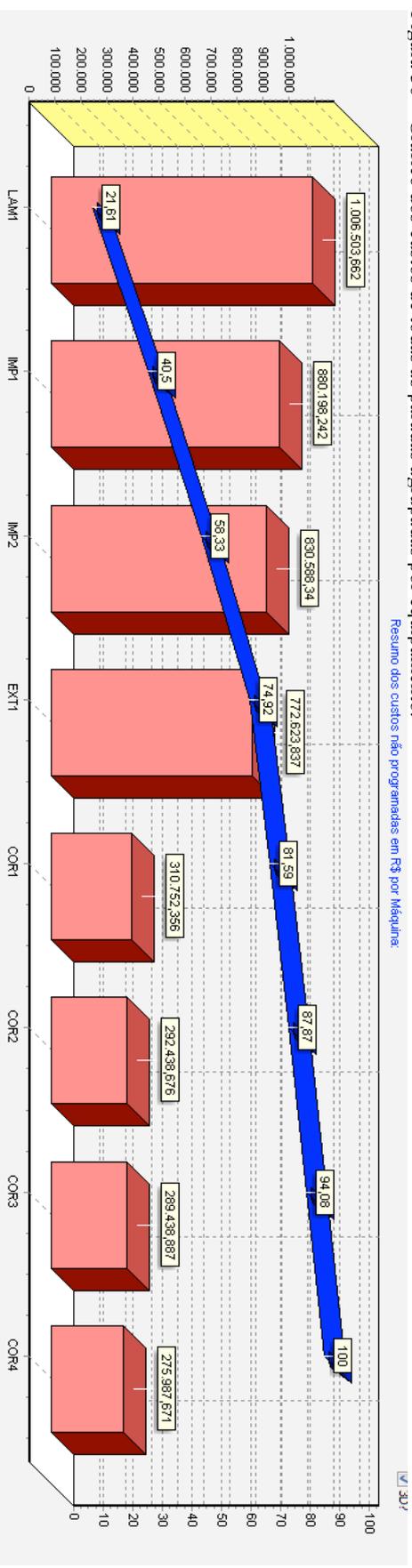
Fonte: Adaptado de Cacador (2014).

Figura 35 – Valor total de custo de todas as paradas considerando todos os equipamentos.



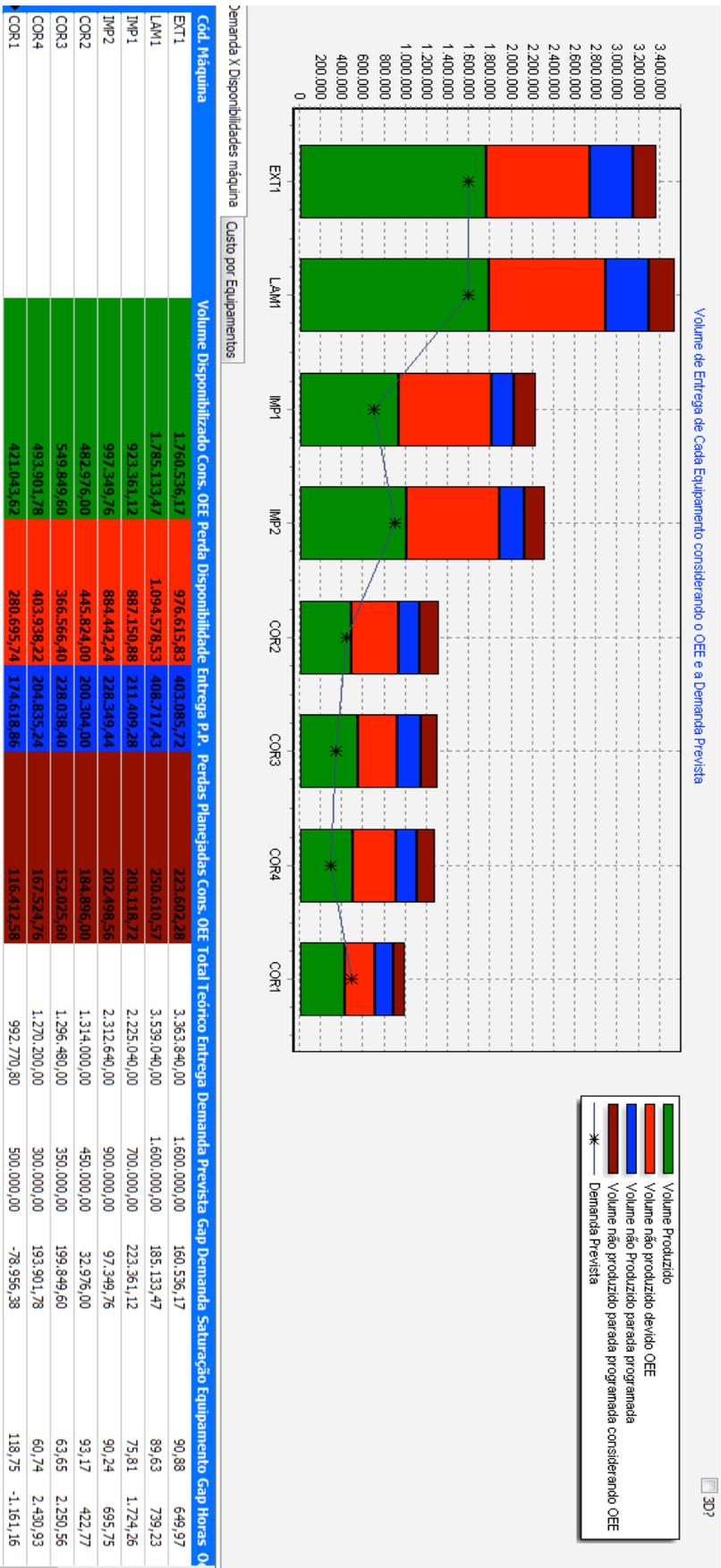
Fonte: Adaptado de Cacador (2014).

Figura 36 – Gráfico dos custos de todas as paradas agrupadas por equipamento.



Fonte: Adaptado de Cacador (2014).

Figura 37 – Gráfico do estudo da capacidade após lançamentos de projetos de melhoria.



Fonte: Adaptado de Caçador (2014).

## 5 Conclusão

Diante do trabalho apresentado buscou-se a implementação de uma ferramenta computacional para o desenvolvimento da integração do indicador OEE de todos os equipamentos de uma determinada linha industrial.

O que mostrou ser possível o desenvolvimento de um *software* com esse propósito com base nos resultados obtidos. Nesse caso o *software* se mostrou viável a ser implementado em uma indústria.

O modelo escolhido para a implementação adveio de Caçador (2014), onde o mesmo apresenta no seu trabalho os resultados de um estudo de caso demonstrando a implementação do modelo com sucesso neste quesito.

Para a abordagem de teste da ferramenta computacional, fez-se uso dos dados do modelo de Caçador (2014) cujo sistema mostrou-se condizente com os resultados obtidos no estudo do autor.

A ferramenta desenvolvida pode ser utilizada para auxílio à gestão das estratégias de negócio juntamente às estratégias de manufatura, devido ao fato de que o departamento de S&OP pode avaliar a capacidade produtiva da fábrica, e propor desta forma, soluções caso deseje selecionar algum projeto para maximizar a capacidade produtiva, minimizando os custos, uma vez que com a ferramenta é possível avaliar quais são as perdas que impactam um maior tempo em horas e em custos também.

Com a simulação e geração dos cenários, proposta pela ferramenta, é possível avaliar quais são os ganhos na questão da produtividade e também da redução de custo.

Outro ponto a considerar, é o uso do banco de dados relacional, desta forma, é possível armazenar e consultar todos os projetos e cenários lançados em uma determinada empresa, ficando um histórico valioso para o acompanhamento da evolução das melhorias contínuas para a organização.

### 5.1 – Limitações do Trabalho

- O *software* foi desenvolvido baseado no modelo de Caçador (2014). Apesar de Caçador (2014) ter validado o modelo em um estudo de caso, e os dados imputados nesta dissertação terem como base a dissertação do referido autor o *software* não foi implementado em outra empresa para validar os dados na prática.

- Não é possível prever, neste trabalho, se o *software* servirá para todos os tipos de linha de produção existentes, visto que foi desenvolvido um protótipo que não foi implantado nos diversos tipos de sistemas produtivos existentes (Produção Contínua, Produção em Lotes, Produção em Massa, etc.).
- Embora o protótipo desenvolvido preveja, em seu código fonte, a integração com outras ferramentas computacionais não é possível prever o grau de dificuldade do desenvolvimento das interfaces necessárias, embora atualmente em função do avanço da tecnologia da informação as interfaces tem se tornado mais amigável.
- O *software* permite gerar cenários para a análise do tomador de decisão na seleção de projetos de melhoria através de alterações manuais de parâmetros específicos de entrada dos sistemas de produção, mas não permite a busca através de uma função objetiva e delimitação de restrições de processo buscar a solução ótima. Neste caso é possível inserir heurísticas específicas de otimização o que se pretende desenvolver como parte do escopo de trabalhos futuros propostos pelo autor do presente trabalho.

## 5.2 – Trabalhos Futuros

Como proposta de trabalhos futuros o autor do presente trabalho pretende:

- 1) Aferir o procedimento de cálculo a partir da revisão bibliográfica referente a outros procedimentos de cálculo propostos na literatura;
- 2) Inserir algoritmo estruturado a partir de heurísticas específicas de otimização de sistemas de produção com função objetivo de minimização de custos operacionais e maximização do uso adequado dos recursos de manufatura;
- 3) Inserir o protótipo de *software* no ambiente fabril de modo a consolidar as interfaces com outros aplicativos na entrada e na saída do aplicativo a fim de calibrar e testar os resultados obtidos para ambientes complexos de manufatura;
- 4) Publicar os resultados a fim de permitir comparações futuras quanto à aderência do protótipo às condições operacionais de diferentes fábricas com outros aplicativos existentes no mercado a fim de validar o preenchimento da lacuna existente atualmente de aplicativos com esse propósito.

O desenho de trabalhos futuros proposto não é simples de se realizar e requer um prazo de desenvolvimento não possível de mensurar no presente momento, a não ser o fato que requer ainda um tempo relativamente excessivo de trabalho devido algumas limitações do trabalho descritas no item 5.1.

## Referências Bibliográfica.

- ABDINNOUR-HELM, S.; LENGNICK-HALL, M.L.; LENGNICK-HALL, C.A. Pre-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an enterprise resource planning system. **European Journal of Operational Research**, v. 146, p. 258–273, 2003.
- AL-MASHARI, M.; AL-MUDIMIGH, A.; ZAIRI, M. Enterprise resource planning: a taxonomy of critical factors. **European Journal of Operational Research**, v. 146, p. 352–364, 2003.
- ALAJBEGOVIĆ, A.; ALEXOPOULOS, V.; DESALERMOS, A. **Factors Influencing Cloud ERP Adoptions: A Comparison Between SMEs and Large Companies**. 2013. 148f. Dissertação (Departamento de Informática) – Lund University, Lund, Suécia, 2013.
- ALVIM, P.C.R.C. O papel da informação no processo de capacitação tecnológica das micro e pequenas empresas. **Ci. Inf., Brasília**, v. 27, n. 1, p. 28-35, 1998.
- ARAFA, A.; ELMARAGHY, W.H. Manufacturing strategy and enterprise dynamic capability. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, 2011.
- AVISON, D.E.; CUTHBERTSON, C.H.; POWELL, P. The paradox of information systems: strategic value and low status. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 8, p. 419–445, 1999.
- AZZOLINI-JÚNIOR, W.; FERRAZ-JÚNIOR, F. **Adquirindo controle: gestão da capacidade e prioridades**. 3. ed. São Carlos, Brasil: EESC-USP, 2012. 380p.
- BIVKFALVI P.; ERDÉLYI F.; KULCSAR G.; TÓTH T. On Some of the Mes Applications Supporting Production Operations Management. **Applied Information Science, Engineering and Technology**, v. 7, p. 103-129, 2014.
- BOISEVERT V., HOLEC N., **Economic and Environmental Information for Sustainability**. Valuation for sustainable development: methods and policy indicators. S. Faucheux and M. O'Connor. Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham: 99–119 1998.
- BRECHER, C.; MÜLLER, S.; BREITBACH, T.; LOHSE, W. Viable system model for manufacturing execution systems. **Procedia CIRP**, v.7, p. 461 – 466, 2013.
- BRENDER, N.; MARKOV, I. Risk perception and risk management in cloud computing: Results from a case study of Swiss companies. **International Journal of Information Management**, v. 33, p. 726-733, 2013.

CAÇADOR, G.J.; ZUCHI, J.D.; CARDOSO, F.F.; AZZOLINI JR, W.; HERMOSILLA, J.L.G. Proposta de um modelo para seleção de projetos de melhoria do fluxo produtivo usando a árvore de perda e teoria das restrições. XX Simpósio de engenharia de produção, Bauru, 2013.

CAÇADOR, G.J. **Proposta para seleção de projetos de melhoria de fluxo de produção: Um estudo de caso em uma unidade fabril de embalagens, envolvendo os aspectos restritivos e de custo do processo.** 2014. 120f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Centro Universitário de Araraquara – Uniara, Araraquara, 2014.

CHAUDHURI, S.; UMESHWAR, D.; NARASAYYA, V. An overview of business intelligence technology. **Communications of the ACM**, v. 54, n. 8, p. 89-98, 2011.

CHENG, K.; BATEMAM, R.J. e-Manufacturing: Characteristics, applications and potentials. **Advanced Manufacturing & Enterprise Engineering**, v.18, p. 1323-1328, 2008.

DANTE, J.R. **Avaliação Qualitativa de um Sistema Especialista para Identificação de Panes de Máquinas.** 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de materiais). – Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2009.

DUAN, L.; XU, L.D. Business intelligence for enterprise Systems: A Survey. **IEEE Transactions on industrial informatics**, v. 8, n. 3, p. 679-687, 2012.

FEIJÓ, R. H. B. **Uma Arquitetura de Software Baseada em Componentes para Visualização de Informações Industriais.** 2007. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica). – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

FERNANDES, D.J. Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial. **Revista Fae**, v. 7, n.1, p. 1-18, 2004.

FERREIRA, A.; MICCHELUCCI, A.; COUTO, C. Aquisição de Sistema ERP: uma análise dos resultados obtidos. **Gestão Contemporânea**, v. 8, n. 9, p. 87-101, 2011.

FISCHMANN, A.A.; ZILBER, M.A. Utilização de indicadores de desempenho para a tomada de decisões estratégicas: um sistema de controle. **Revista De Administração Mackenzie**, v.1, n.1, p. 9-25, 2000.

FLEURY, A. C. C.; FLEURY, M. T. L. **Estratégias Empresariais e Formação de Competências.** São Paulo. Editora Atlas. 2000.

FORTULAN, M.R.; GONÇALVES-FILHO, E.V. Uma proposta de aplicação de business intelligence no chão-de-fábrica. **Gestão e Produção**, v. 12; n.1; p. 55-55, 2005.

- GALAR, D.; GUSTAFSON A.; TORMOS B.; BERGES L. Maintenance Decision Making based on different types of data fusion. **Eksplatacja I Niezawodnosc Maintenance and Reliability**. v. 14, p. 135-144, 2012.
- GALAR, D.; BERGES, L.; SANDBORN P.; KUMAR U. The need for aggregated indicators in performance asset management. **Eksplatacja I Niezawodnosc Maintenance and Reliability**. v. 16, p. 120-127, 2014.
- HOAG, M.P. **Improved integration of information in discrete part manufacturing environments**. 2002. 88p. Dissertation (Master of Science in Electrical Engineering & Computer Science and Master of Science Management – School of Management of Department of Electrical Engineering & Computer Science, Massachusetts, USA, 2002.
- HOLSAPPLE, C.; SENA, M.P. ERP plans and decision-support benefits. **Decision Support Systems**, v. 38, p. 575–590, 2005.
- JACOBS, F.R.; WESTON-JUNIOR, F.C. Enterprise resource planning (ERP): a brief history. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 357-363, 2007.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (2006) *Alignment: Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (2008) *The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- KIM, J.; HATCHER, C.A.; NEWTON, C.J. Monitoring identity of past, current and future: a performance management system perspective. Asia-Pacific Researcher in Organization Studies 14<sup>th</sup> Conference, Disponível em: <http://eprints.qut.edu.au/47494/>. Acessado em: 26 mai. 2014.
- KOCK, M.T.; BAARS, H.; LASI, H.; KEMPER, H.G. Manufacturing execution systems and business intelligence for production environments. **Proceedings of the Sixteenth Americas Conference on Information Systems**, 2010.
- KUMAR U.; GALAR D.; ADITYIA P.; STENSTROÖM C.; BERGES-MURO L. Maintenance Performance Metrics: a State-of-the-art Review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, 2013.
- JOSHI, S.; KULKARNI, N.; ATHAVALE, R. Business informatics a key driver for successful strategic planning. **IEEE computer society**, v. 2013, 2013.
- LAUDON, K.C.; LAUDON, J.P. **Sistemas de Informações Gerenciais**. 7. Ed. Pearson Prentice Hall, 2007.

- LAURINDO, F.J.B.; MESQUITA, M.A. Material Requirements Planning: 25 Anos de História – Uma Revisão do Passado e Prospecção do Futuro. **G&P Gestão e Produção**, v. 7, n. 3, p. 320-337, 2000.
- LEE, J. E-manufacturing: fundamental tools and transformation. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, v.19. p. 501-503, 2003.
- LEE, J.; LIAO, L.; LAPIRA, E.; NI, J.; LI, LIN. Informatics platform for designing and deploying e-Manufacturing systems. *Collaborative Design and Planning for Digital Manufacturing*, p. 1-35, 2009.
- LEE, J.; LAPIRA, E.; BAGHERI, B.; HUNG-AN, K. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. **Society of Manufacturing Engineers**. V. 2013, p. 38-41, 2013.
- LIM, A.H.L.; LEE, C-S. Processing online analytics with classification and association rule mining. **Elsevier Knowledge-Based Systems**, v. 23, p. 248-255, 2010.
- MACH, S.T.; HEVER, A.R. Integrated decision support systems: a data warehousing perspective. **Decision Support Systems**, v. 43, p. 1031-1043, 2007.
- MCCLELLAN, M. *Applying Manufacturing Execution Systems*. CRC Press, Boca Raton, EUA, 1997.
- MCCLELLAN, M. **Introduction to manufacturing execution systems**. Oregon: MES Solutions Incorporated, 2001. 12 p.
- MELO, M.T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management: a review. **European Journal of Operational Research**, v.196, p. 401–412, 2009.
- MESA International, *MES Functionalities and MRP to MES Data Flow Possibilities*, MESA International, Pittsburgh, PA, 1994.
- MESA International, *The Benefits of MES: A Report from the Field*, MESA International, Pittsburgh, PA, 1994.
- MICHEL, J.E.G.E.; MICHEL, D.E. Managers Acceptance Criteria for Performance Measurement. **EIASM Conference**, Nice, França, 2007.
- MIGUEL, P.A.C. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed. Brasil: Elsevier Editora Ltda., 2012.
- MIJAC, M.; PICEK, R.; STAPIC, Z. Cloud ERP System Customization challenges. *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*. P. 132-296, 2013.

- MÖLLER, E.B.; SCHATTSCHEIDER, G.O.; FRANK, A.G.; RIBEIRO, J.L.D. Information quality for PPC: analysis of influence factors and diagnosis method proposal. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 1, p. 37-60, 2013.
- MUTHIAH, K. M. N., HUANG, S. H., Overall throughput effectiveness (OTE) metric for factory-level performance monitoring and bottleneck detection. *International Journal of Production Research*. Vol. 45, No. 20, 15 october 2007, 4753 – 4769.
- NACHIAPPAN, R. M.; ANANTHARAMAN, N.; Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 17 No. 7, 2006. pp. 987-1008.
- NAJMI, M.; ETEBARI, M.; EMAMI, S. A framework to review performance prism. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 32, n. 10, p. 1124-1147, 2012.
- NAPOLI, M.; SELL, D.; LIDUÁRIO, L.C.; BORGES, R.F.; TODESCO, J.L.; PACHECO, R.C.S. Um framework para concepção de ferramentas de apoio à decisão baseadas em ontologias. **XXI Simpósio Brasileiro de Banco de Dados**, 2006.
- NAZIER, M.M.; KHEDR, A.; HAGGAG, M. Business Intelligence and its role to enhance Corporate Performance Management. **International Journal of Management & Information Technology**, v. 3, n. 3, p. 8-15, 2013.
- NETTO, F.S. **Medição de desempenho do gerenciamento de processos de negócios – BPM no PNAFE: uma proposta de modelo**. 2006. 222f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Universidade de São Paulo, Departamento de Administração, São Paulo, Brasil, 2006.
- O'BRIEN, J.; MARAKAS, G. *Management Information Systems*. 10. ed. McGraw-Hill/Irwin, 2010. 712 p.
- OLHAGER, J.; SELLDIN, E. Enterprise resource planning survey of Swedish manufacturing firms. **European Journal of Operational Research**, v. 146, p. 365–373, 2003.
- OLIVEIRA, L.S.; HATAKEYAMA, K. Um estudo sobre a implantação de sistemas ERP: pesquisa realizada em grandes empresas industriais. **Produção**, v. 22, n. 3, p. 596-611, 2012.
- PADILHA, T.C.C.; MARINS, F.A.S. Sistemas ERP: características, custos e tendências. **Revista Produção**, v. 15, n. 1, p. 102-113, 2005.
- PARTHASARATHY, S. **Potential Concerns and Common Benefits of Cloud-Based Enterprise Resource Planning (ERP)**. 2013.

- PINTO-JUNIOR, R.P.S. A necessidade dos indicadores para a gestão. **III SEGet- Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2007.
- RABBANI, M.J.; AHMAD, F.M.; BALADI, J.; KHAN, Y.A.; NAQVI, R.A. Modeling and Simulation Approach for an Industrial Manufacturing Execution System. **IEEE 3<sup>rd</sup>. International Conference on System Engineering and Technologic**, Shah Alam, Malasian, 2013.
- RAGURAM, R. Implementation of Overall Equipment Effectiveness (OEE). **Middle-East Journal of Scientific Research**. v. 5, n (20), p. 567-576, 2014.
- RAIHANA, G.F.H. Cloud ERP – A Solution Model. **International Journal of Computer Science and Information technology & Security**, v. 2, n. 1, p. 76-79, 2012.
- RUBIN, E.; RUBIN, A. The impact of business intelligence systems on stock return volatility. **Information & Management**. v. 50, p. 67-75, 2013.
- SIQUEIRA, M.C. **Gestão Estratégica da Informação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.
- SSC. Supply-Chain Operations Reference Model (SCOR). Version 11.0. 2013. Disponível em: <www.supply-chain.org>. Acesso em: fevereiro de 2014.
- STEFANOUS, J.C.; Adoption of Free/Open Source ERP Software by SMEs. In: **Information System for Small and Medium-Sized Enterprises**. Hardcover, 2014. P. 157-169.
- TERAN, H.; HERNANDEZ, J.C.; VIZÁN, A.; RÍOS, J. Performance measurement integrated information framework in e-Manufacturing. **Enterprise Information Systems**, 2013.
- THOMÉ, A.M.T.; SCAVARDA, L.F.; FERNANDEZ, N.S.; SCAVARDA, A.J. Sales and operations planning: A research synthesis. **International Journal Productions Economics**, v. 138, p. 1-13, 2012.
- TSAROUHAS, P. H., Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: case study. *International Journal of Production Research*. Vol. 51. No. 2, 15 January 2013, 515 – 523
- UMBLE, E.J.; HAAFT, R.R.; UMBLE, M.M. Enterprise resource planning: implementation procedures and critical success factors. **European Journal of Operational Research**, v.146, p. 241–257, 2003.
- VALCKENAERS, P.; VAN BRUSSEL, H. Holonic manufacturing execution systems. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, 2005.
- VAN NIEUWENHUYSE, I.; DE BOECK, L.; LAMBRECHT, M.; VANDADELE, N. J. Advanced resource planning as a decision support module for ERP. **Computers in Industry**, v. 62, p. 1-8, 2011.

WUA, D., ROSENA, D. W., WANGB, L. SCHAEFERA, D. Cloud-Based Manufacturing: Old Wine in New Bottles? The International Scientific Committee of “The 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems”. 2014.

XU, L.D.; WANG, C.; BI, Z.; YU, J. AutoAssem: an automated assembly planning system for complex products. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 8, n. 3, p. 669-679, 2012.

ZUCHI, J.D.; CAÇADOR, G.J.; CARDOSO, F.F.; AZZOLINI JR, W.; HERMOSILLA, J.L.G. Proposta de um método de avaliação para seleção de projetos de melhoria do fluxo produtivo usando a árvore de perda e teoria das restrições. **WCSEIT**, 2013.