

**UCS-UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**ARIOVALDO CARLOS BITENCOURT**

**PROPOSTA DE INTERFACE DE INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMA CAD E ERP**

**CAXIAS DO SUL**

**17 DE JUNHO DE 2013**

**UCS-UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**ARIOVALDO CARLOS BITENCOURT**

**PROPOSTA DE INTERFACE DE INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMA CAD E ERP**

Monografia do título de graduação pela  
Universidade de Caxias do Sul.  
Área de concentração: CCTI.  
Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Helena Grazziotin  
Ribeiro.

**CAXIAS DO SUL**

**17 DE JUNHO DE 2013**

**ARIOVALDO CARLOS BITENCOURT**

**PROPOSTA DE INTERFACE DE INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMA CAD E ERP**

Monografia do título de graduação do curso de Sistemas de Informação pela Universidade de Caxias do Sul.  
Área de concentração: CCTI.  
Orientador: Profª Drª Helena Grazziotin Ribeiro.

Aprovado em: ...../...../.....

**Banca Examinadora:**

**Profª Drª Helena Grazziotin Ribeiro.**  
**Universidade de Caxias do Sul.**

**Profª e Mestre Iraci Cristina Silveira de Carli.**  
**Universidade de Caxias do Sul.**

**Profº e Mestre Carlos Eduardo Nery.**  
**Universidade de Caxias do Sul.**

**CAXIAS DO SUL**

**17 DE JUNHO DE 2013**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha esposa Rosmary, e a meus filhos, Cristina, Alexandro e sua esposa Sharon, pelo apoio e força que me deram para suportar esta jornada. Sem eles não teria suportado as dificuldades encontradas neste caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que fez por mim e meus familiares até aqui, e pelo que fará daqui em diante. Ele tudo vê, e tudo sabe, bendito seja o nome do Senhor e Deus, Jesus Cristo.

Também agradeço:

Minha esposa Rosmary por me esperar acordada cada noite até que eu voltasse das aulas, e por sofrer e rir comigo durante este período de estudo;

Meus filhos, Cristina, Alexandro e sua esposa Sharon, pelo apoio e incentivo que me deram;

Minha coordenadora Prof<sup>a</sup>. Helena, pela prontidão em me atender durante minhas dúvidas, e me incentivar com palavras de ânimo.

A todo corpo docente do CCTI com quem tive contacto, pelas dúvidas esclarecidas, e pelo conhecimento adquirido.

A empresa Seibt Máquinas para Plásticos Ltda, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

A empresa Decisão Informática pelo apoio e disponibilização de um ambiente de testes, envolvendo seu sistema e base de dados.

## RESUMO

Nos dias atuais as empresas são cada vez mais desafiadas a superarem suas próprias metas de desempenho. É praticamente inviável estabelecer um planejamento estratégico rígido para muitos anos, pois as mudanças de cenários econômicos e políticos acontecem muito rapidamente. A solução adotada pelas empresas para enfrentar essas rápidas mudanças, é investir em Tecnologia da Informação (TI) e Sistemas de Informação (SI), aplicando estes recursos tecnológicos nas diversas áreas funcionais, com objetivos cada vez mais específicos. Apesar das vantagens que o uso planejado de SI e TI proporcionou às empresas, a grande proliferação e diversidade de sistemas implantados trouxeram à tona outro problema, como integrar estas diversas aplicações, para que continuem a oferecer vantagens competitivas para as organizações? Muitas soluções para integração de aplicações foram desenvolvidas desde que surgiu esta necessidade, como: troca de arquivos (EDI), *Enterprise Data Interchange*, integração por API (*Application Programming Interface*), Web Services, troca de Mensagens (MOM) *Message Oriented Middleware*, só para citar algumas. Não existe uma solução que possa ser definida como a ideal. Cada organização tem aplicações e necessidades de integrações diferentes, e cabe uma análise de cada caso para aplicar a solução mais adequada. Este trabalho tem como objetivo abordar a integração entre aplicações específicas para empresas do setor industrial, onde é forte o uso de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) e ERP (*Enterprise Resources Planning*). O uso isolado destas aplicações tem suas vantagens, mas cada vez mais as empresas estão buscando aperfeiçoar seus processos internos e externos, e isso implica inevitavelmente na busca de uma integração entre estes dois tipos de aplicação. A integração entre CAD e ERP vem de encontro à necessidade de aproximação entre o desenvolvimento de produto e a produção, agilizando com isso todo o processo produtivo. No presente trabalho é proposto o desenvolvimento de um protótipo de interface de integração entre um sistema CAD, e um sistema ERP, usando a técnica de API, que é disponibilizada pelo ambiente CAD. Esta integração tem o objetivo de agilizar o processo de envio de informações referentes à estrutura de produto, diretamente do CAD para o ERP. Para alcançar este objetivo é apresentado o referencial bibliográfico de livros e trabalhos relacionados ao assunto de integração de aplicações, abordando as principais técnicas de integração usadas atualmente.

Palavras chave: Integração de Aplicações. *Bill of materials*. Sistemas de Informação.

## ABSTRACT

Nowadays companies are increasingly challenged to overcome their own performance goals. It is virtually impossible to establish a hard strategic planning for many years because economic and political scenarios change very quickly. The solution adopted by companies to address these rapid changes is to invest in information technology (IT) and information systems (IS), and to apply these technological resources in the various functional areas, with more specific objectives. Despite the advantages that the planned use of IS and IT provides to companies, the great proliferation and diversity of deployed systems brought up another problem: how to integrate these various applications, in order to continue to provide competitive advantages to organizations? Many solutions for integrating applications have been developed since this need arose, such as file exchange (EDI), Enterprise Data Interchange, integration by API (Application Programming Interface), Web Services, Exchange Messaging (MOM) Message Oriented Middleware, only to name a few. There is no solution that can be defined as the best. Each organization has applications and integration needs that are different, and it is necessary to analyze each case in order to apply the most appropriate solution. This work aims to address the integration of applications specific for industrial companies, where the use of CAD (Computer Aided Design) and ERP (Enterprise Resources Planning) systems is usual. The isolated use of these applications has its advantages, but the companies are increasingly looking to optimize their internal and external processes, and that inevitably means the search of an integration of these two types of application. The integration between CAD and ERP follows the need for rapprochement between the product development and production, thereby increasing the entire production process. In this work we propose the development of an integration interface prototype between a CAD system and an ERP system, using the technique of API that is provided by CAD environment. This integration aims to increasing the process of sending information related to product structure, directly from CAD to ERP. To achieve this goal we present the bibliographic references of books and papers related to the issue of integration of applications, addressing key integration techniques currently used.

**Key Words:** Applications Integration, Bill of materials, Information Systems.

## LISTA DE ABREVIATURAS

API: *Application Programming Interface.*

APICS: *American Production and Inventory Control Society.*

ASCX12: *Accredited Standards Committee X12.*

ASP: *Active Server Pages.*

B2B: *Business to Business.*

BOM: *Bill of materials.*

BPMN: *Business Process Modeling Notation.*

C/C++: *Linguagem de Programação Estruturada/Linguagem de Programação Orientada a Objetos.*

CAD: *Computer Aided Design.*

CAE: *Computer Aided Engeneering.*

CAM: *Computer Aided Manufacturing.*

CNC: *Controle Numérico Computadorizado.*

CORBA: *Common Object Request Broker Architecture.*

COTS: *Commercial Off-The-Shelf.*

DCOM: *Distributed Component Object Model.*

DLL: *Dynamic Link library.*

EDI: *Enterprise Data Interchange.*

ERP: *Enterprise Resources Planning.*

ES: *Engenharia Simultânea.*

FEA: *Finite Element Analysis.*

MIT: *Massachusetts Institute of Technology.*

MOM: *Message Oriented Middleware.*

MQS: *Message Queue Server.*

MRP: *Material Requirements Planning.*

MRPII: *Material Resources Planning.*

NC: *Numeric Control.*

ODBC: *Open Data Base Connectivity.*

OLEDB: *Object Linking and Embedding Database.*

OO4O: *Oracle Objects for OLE.*

PDM: *Product Data Management.*

PIIAI-10: Protótipo de Interface de Integração entre Autodesk Inventor e ERP DEZ.

RMI: *Remote Method Invocation.*

RPC: *Remote Procedure Call.*

SGBD: Sistema Gerenciador de Banco de Dados.

SI: Sistema de Informação.

SOA: *Services Oriented Architecture.*

SOAP: *Simple Object Access Protocol.*

SQL: *Structured Query Language.*

TI: Tecnologia da Informação.

UML: *Unified Modeling Language.*

UN/EDIFACT: *United Nations/Eletronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport.*

VBA: *Visual Basic for Applications.*

XML: *eXtensible Markup Language.*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Alinhamento de Informações do ERP e CAD. ....	62
Tabela 2: Classes e funcionalidades. ....	71
Tabela 3: Caso de Uso Cadastrar Item. ....	74
Tabela 4: Caso de uso Alterar Descrição do item. ....	75
Tabela 5: Caso de Uso criar Estrutura do item. ....	76
Tabela 6: Caso de Uso Trocar item filho na Estrutura do item pai. ....	77
Tabela 7: Caso de Uso Alterar quantidade do item filho na Estrutura do item pai. ....	77
Tabela 8: Caso de Uso Excluir Item filho da Estrutura do item pai. ....	78
Tabela 9: Resultados de tempos de cadastro/estrutura manuais. ....	96
Tabela 10: Resultados de tempos de cadastro/estrutura usando-se o PIIAI-10. ....	100
Tabela 11: Cruzamento dos resultados. ....	103

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de desenho/estrutura de produto atual. ....	17
Figura 2: Funções de um Sistema de Informação.....	20
Figura 3: As três dimensões de SI .....	22
Figura 4: Exemplo de uma chamada de procedimento remota .....	26
Figura 5: Troca de Arquivos eletrônicos (EDI).....	27
Figura 6: Estrutura básica da MOM .....	28
Figura 7: Integração por APIs .....	29
Figura 8: Acesso direto à base de dados.....	30
Figura 9: Arquitetura Básica de Web Services.....	31
Figura 10: Tela do T-Flex CAD .....	33
Figura 11: Simulação das tensões em um componente. ....	34
Figura 12: Simulação de usinagem em um sistema CAM.....	35
Figura 13: Abrangência do MRP e MRPII.....	36
Figura 14: Estrutura típica de um ERP .....	37
Figura 15: Evolução dos sistemas de gestão .....	38
Figura 16: Exemplo de uma tabela “ALUNOS” em um banco de dados.....	39
Figura 17: Diagrama simplificado de um ambiente de sistema de banco de dados. ....	40
Figura 18: Funcionamento de um PDM. ....	42
Figura 19: Tela do AUTODESK VAULT 2011 .....	43
Figura 20: Forma típica de uma BOM multinível. ....	45
Figura 23: Desenho do modelo da interface estudada. ....	50
Figura 28: Ambiente de caldeiraria ( <i>sheet metal</i> ). ....	53
Figura 29: Ambiente de montagem de solda. ....	54
Figura 32: Formas de Acesso à API do Autodesk Inventor. ....	57
Figura 33: Tela do ambiente de programação VBA.....	58
Figura 37: Propriedades de BOM do documento. ....	65
Figura 38: Propriedades de um arquivo " <i>Standard.ipt</i> ". ....	66
Figura 39: Estrutura de um item no ERP.....	67
Figura 40: Tela do CAD com folha de desenho de item. ....	67
Figura 41: Tela do CAD com modelagem de item com matéria-prima pré-definida. ....	68
Figura 42: Folha de propriedade - Guia <i>Custom</i> com informações da matéria-prima. ....	69

Figura 43: Tela CAD com folha de desenho de peça com item filho. ....	69
Figura 44: Processo de Modelagem de Item alinhado com estrutura do ERP. ....	70
Figura 45: Diagrama de Classes. ....	72
Figura 46: Diagrama de Atividades. ....	73
Figura 47: Diagrama de Casos de Uso. ....	78
Figura 48: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Principal. ....	79
Figura 49: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-1. ....	80
Figura 50: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-2. ....	81
Figura 51: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-3. ....	82
Figura 52: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Principal. ....	83
Figura 53: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-1. ....	83
Figura 54: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-2. ....	84
Figura 55: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-3. ....	84
Figura 56: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Principal. ....	85
Figura 57: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -1. ....	85
Figura 58: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -2. ....	86
Figura 59: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -3. ....	86
Figura 60: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Principal. ....	87
Figura 61: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Alternativo-1. ....	87
Figura 62: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Alternativo-2. ....	88
Figura 63: Diagrama de Sequência - Alterar Quantidade do Item filho na estrutura - Fluxo Principal. ....	88
Figura 64: Diagrama de Sequência - Alterar Quantidade do Item filho na estrutura - Fluxo Alternativo. ....	88
Figura 65: Diagrama de Sequência - Excluir Item filho da estrutura - Fluxo Principal. ....	89
Figura 66: Classes de telas acrescentadas. ....	90
Figura 67: Comandos de inicialização do PIIAI-10. ....	91
Figura 68: Tela matéria prima com base no <i>template</i> "Ferro Redondo". ....	92
Figura 69: Tela matéria prima com base no <i>template</i> "Standard.ipt". ....	93
Figura 70: Tela de cadastro de item. ....	94
Figura 71: Tela de estrutura com itens sem estrutura no CAD. ....	95

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>2</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>1-INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1-A Empresa. ....	15
1.2-Problema do estudo de caso desse trabalho.....	15
1.3-Objetivos deste estudo de caso. ....	18
1.4-Organização deste trabalho.....	18
<b>2-INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS. ....</b>	<b>20</b>
2.1-Sistemas de Informação.....	20
2.2-Conceito de Integração de Sistemas. ....	22
2.3-Importância da Integração de Sistemas. ....	24
2.4-Tecnologias para integração de sistemas.....	25
2.4.1-Chamada a Procedimentos Remotos (RPC). ....	26
2.4.2-Troca Eletrônica de Arquivos (EDI).....	27
2.4.3-Troca de mensagens (messaging). ....	27
2.4.4-Integração por API.....	28
2.4.5-Acesso direto à base de dados.....	29
2.4.6- SOA e Webservices. ....	30
<b>3-INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS CAD/PDM E ERP.....</b>	<b>32</b>

3.1-Sistemas para Desenvolvimento de Produto. ....	32
3.1.2-Sistemas CAD. ....	32
3.1.3-Sistemas CAE. ....	34
3.1.4-Sistemas CAM. ....	35
3.2-Sistemas para Gestão do Processo Produtivo. ....	35
3.2.1-Sistemas ERP. ....	36
3.2.2-Sistemas de Bancos de Dados. ....	38
3.2.3-Sistemas PDM. ....	40
3.3-Técnicas para a Integração entre CAD e ERP. ....	43
3.3.1-Definição dos Dados Comuns entre os Sistemas CAD e ERP. ....	44
3.3.2-Conceito de BOM ( <i>Bill of materials</i> ). ....	44
<b>4-PROJETO DO PROTÓTIPO DA INTERFACE DE INTEGRAÇÃO. ....</b>	<b>47</b>
4.1-Processo de Desenho de Produto. ....	47
4.1.1-Processo Atual de Desenho de Produto. ....	47
4.1.2-Processo de Desenho de Produto após implantação da integração. ....	48
4.2-O Sistema CAD usado pela Empresa Seibt. ....	50
4.2.1-API Fornecida Pelo Autodesk Inventor 2011. ....	55
4.2.2-Tipos de Acesso à API do Autodesk Inventor 2011. ....	56
4.2.3-A BOM Fornecida pelo Autodesk Inventor 2011. ....	58
4.3- O Sistema ERP usado pela Empresa Seibt. ....	59
4.4-Requisitos gerais do protótipo de interface de integração CAD e ERP. ....	59
4.4.1-Requisitos Funcionais. ....	60
4.4.2-Requisitos não Funcionais. ....	60
4.4.3-Limitações e restrições. ....	61

4.5-Definição dos Métodos de Acesso entre os Sistemas.....	61
4.6-Alinhamento entre Informações do CAD e Estrutura de Produto do ERP.....	62
4.7- Modelagem da Aplicação. ....	70
4.7.1- Diagrama de Classes. ....	71
4.7.2- Diagramas de Atividades. ....	73
4.7.3- Casos de Uso.....	74
4.7.3-Diagramas de Seqüência. ....	79
<b>5-IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>90</b>
5.1-Ajustes do projeto ocorridos na implementação. ....	90
5.2-Codificação.....	91
5.2.1-Telas principais e suas funcionalidades. ....	91
<b>6-RESULTADOS OBTIDOS. ....</b>	<b>96</b>
6.1-Teste de cadastro/estrutura manuais. ....	96
6.1.1-Observações sobre o teste de cadastro/estrutura manuais.....	99
6.2-Teste de cadastro/estrutura com o PIIAI-10. ....	100
6.2.1-Observações sobre o teste de cadastro/estrutura com o PIIAI-10.....	102
6.3-Cruzamento dos resultados.....	103
<b>7-DIFICULDADES ENCONTRADAS. ....</b>	<b>104</b>
<b>8-CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>107</b>

## 1-INTRODUÇÃO.

Apesar da avançada tecnologia da informação disponível hoje em dia, ainda há situações em que essa tecnologia, parece atrapalhar os processos de negócios nas organizações (DE SORDI e MARINHO, 2007). Isto se deve à falta de (ou) pouca integração entre as diversas aplicações que rodam em um ambiente empresarial, formando ilhas de informações com seus respectivos proprietários e dominadores, os próprios usuários. Essas informações “proprietárias” facilitam a ocorrência de erros de diversas naturezas e complexidades. Isto pode criar uma imagem errônea para a alta direção sobre a real capacidade que os Sistemas de Informação SI tem em alavancar os negócios da organização. Causando com isso mais desconfiança e conseqüentemente menos investimento na área de tecnologia da informação.

Atualmente as empresas estão buscando obter níveis de competitividade cada vez mais altos. Nesta busca, as indústrias estão investindo muito em ferramentas de tecnologia da informação (FIGUEIREDO E ROMEIRO FILHO, 2011). Para desenvolvimento de produtos nas empresas do setor de fabricação de máquinas e equipamentos como também nas indústrias automobilísticas e de aeronáutica são usados softwares CAE/CAD/CAM (*Computer Aided Engeneering/Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*). Estas ferramentas proporcionaram um grande salto da produtividade no desenvolvimento e manufatura de novos produtos de engenharia (LEE, 1999). Estes softwares quando integrados, tornam-se uma poderosa ferramenta, auxiliando projetistas e engenheiros na definição e desenvolvimento de novos produtos com tempos e custos reduzidos, baixos índices de erros, que podem ainda ser detectados antes do processo de manufatura, reduzindo-se com isto os gastos com retrabalhos e prototipagem (LEE, 1999) (GASGOIGNE 1995 Apud OMOKAWA e ROZENFELD).

Na área de gestão são usados os sistemas MRP (*Materials Requirements Planning*) para o planejamento das necessidades de materiais (o que comprar, quando comprar, quanto comprar). Uma evolução dos MRP, os sistemas MRPII (*Materials Resources Planning*), além de planejar as necessidades de materiais, também planejam as necessidades de capacidade de produção (como produzir, onde produzir). Mais recentemente os sistemas integrados conhecidos como ERP (*Enterprise Resources Planning*), que fazem parte de um único software dividido em módulos ou subsistemas (REZENDE, 2001). Estas ferramentas

proporcionam a integração entre as diversas áreas da organização, agilizando os diversos processos internos como: compras, controle de estoque, emissão de pedidos, planejamento de produção, faturamento, fluxo de caixa, custos, análise de clientes e fornecedores, entre outras funcionalidades conforme disponibilidade do ERP (REZENDE, 2001).

Com as tecnologias ERP e CAD trabalhando separadamente, as empresas já podem e conseguem alguma vantagem competitiva junto ao atual mercado. Em um passo mais avançado está a integração entre um sistema ERP e um sistema CAD. As empresas desenvolvedoras de sistemas ERP já há algum tempo estão incorporando cada vez mais funcionalidades aos seus sistemas, com a intenção de melhorar a integração entre os vários sistemas existentes nas organizações. Porém ainda existem muitos sistemas ERP que ainda não possuem um módulo que permite esta integração, seja por serem sistemas legados ou pelo fato de que os softwares CAD possuam arquiteturas distintas, o que exige por parte dos desenvolvedores de ERP o conhecimento destas várias arquiteturas CAD existentes (ROZENFELD e ZANCUL, 2000). Do outro lado, as empresas que desenvolvem ferramentas CAD também não têm como disponibilizar um módulo de integração que possa ser vinculado à enorme variedade de sistemas ERP e suas mais variadas arquiteturas.

Devido à diferença de arquitetura e tipos de dados gerados, a integração entre um sistema CAD e um ERP não é algo trivial, exige análise e planejamento para garantir a integridade e precisão das informações a serem transferidas/recebidas entre os sistemas integrados. Existem hoje muitas técnicas de integração conhecidas, que dependem da complexidade e profundidade de integração desejada. Algumas técnicas exploram o uso de softwares PDM (Product Data Management), entre o ERP e o CAD. PDM é uma categoria de software destinada ao gerenciamento de dados de produto, e será abordado no capítulo 3. Outras técnicas integram diretamente o CAD e ERP (SIMONETTI, 2002). Uma das maiores dificuldades em qualquer tipo de integração se encontra na definição e preparação/tradução das informações comuns aos sistemas que serão integrados, e como será feita a extração/envio dos dados do sistema origem para o sistema destino. Outro ponto a ser definido é se a integração ocorrerá nos dois sentidos ou em um único sentido (SIMONETTI, 2002). Além destes dois fatores existem outros que serão apresentados durante o desenvolvimento deste trabalho.

A seguir serão apresentados, a empresa, o problema deste estudo de caso, os objetivos deste trabalho e sua organização.

## **1.1-A Empresa.**

A Empresa Seibt <sup>1</sup> está situada no município de Nova Petrópolis - RS e atua no ramo metalúrgico, mais especificamente no desenvolvimento e fabricação de equipamentos para o setor de reciclagem de termoplásticos. Iniciou suas atividades em 1974 como uma prestadora de serviços para empresas da região de Caxias do Sul, executando serviços de usinagem, soldagem e montagem de equipamentos como também fabricação de peças para tratores. A partir de 1980 começou a fabricar seus próprios produtos. Apostando no então recente mercado de reciclagem de termoplásticos, iniciou a produção de quatro modelos básicos de moinhos granuladores, incrementando o seu mix de produtos a cada ano. Atualmente já conta com mais de 100 modelos de equipamentos para as mais variadas aplicações. Também desenvolve e produz linhas de reciclagens completas mediante solicitações dos clientes.

A organização funcional da empresa é simples, de cunho familiar, consiste de três diretores que dividem as atribuições de Diretor comercial, Diretor industrial e Diretora administrativa. Não há no momento cargos de gerências, ficando logo abaixo na hierarquia os supervisores de cada setor seguindo após, e no mesmo nível, os técnicos e colaboradores da produção. A empresa conta com um quadro de 70 colaboradores incluindo os diretores. Classificada como uma empresa de médio porte, porém com um conceito forte no âmbito nacional, tendo sido várias vezes citadas em revistas e periódicos reconhecidos no setor de fabricantes de máquinas equipamentos.

## **1.2-Problema do estudo de caso desse trabalho.**

A Empresa Seibt, alvo deste estudo de caso, atua no setor industrial como fabricante de equipamentos para reciclagem de plásticos, como citado anteriormente. A empresa está estruturada da seguinte forma, apresentando as seguintes áreas principais:

- Produção;
- Administração/financeiro;
- Industrial;
- Comercial.

---

<sup>1</sup> Seibt Máquinas Para Plásticos Ltda.

Abrindo-se a área industrial, surgem os seguintes departamentos:

- Engenharia
- PCP;
- Suprimentos;

O problema deste estudo de caso está localizado no departamento de engenharia. A Empresa Seibt tem como atividade fim a fabricação de equipamentos. O departamento de engenharia é responsável pelo desenvolvimento de todos os produtos produzidos pela empresa. As seguintes atribuições são de responsabilidade da engenharia:

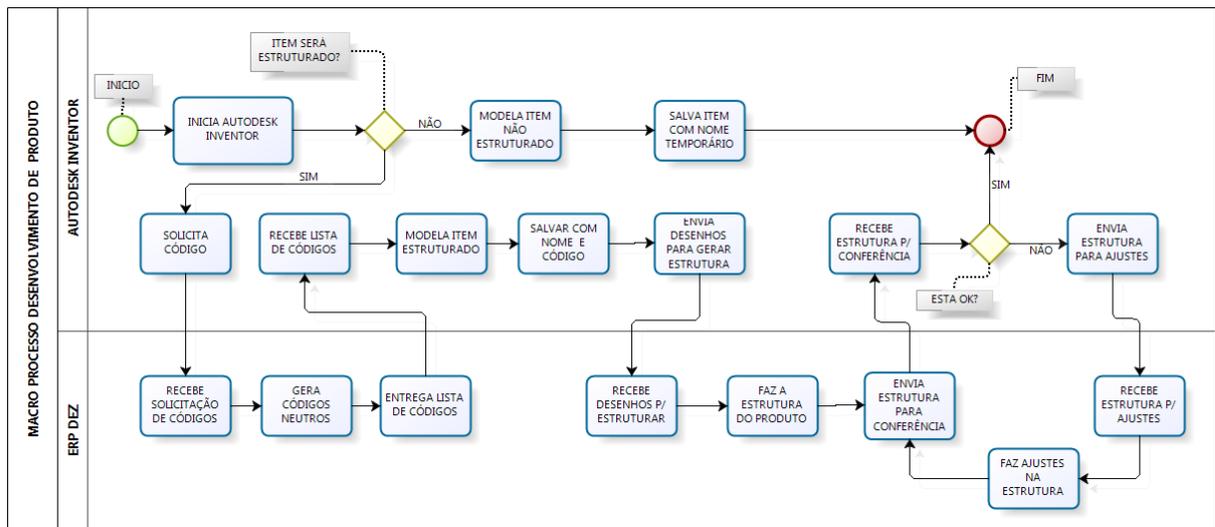
- Desenvolver/alterar/atualizar projetos de produtos
- Fazer manuais técnicos dos equipamentos
- Criar/alterar/atualizar a estrutura dos produtos
- Dar suporte à área produtiva, comercial e suprimentos
- Desenvolver fornecedores
- Suporte técnico a clientes

A engenharia da Empresa Seibt conta atualmente com seis colaboradores, com formações de nível técnico e superior. O processo de informatização da engenharia teve início em 1997, com a implantação da primeira aplicação CAD 2D, o AUTOCAD 14 da AUTODESK. Desde então a empresa vem atualizando e incrementando as tecnologias CAD conforme suas possibilidades. Atualmente o departamento de engenharia possui ferramentas CAD 3D de última geração, o que facilita o desenvolvimento dos produtos, diminuindo o tempo de projeto e lançamento de novos equipamentos.

Para poder responder ao crescimento, e exigências do atual mercado consumidor de equipamentos, a empresa sentiu a necessidade de investir em um sistema de gestão. Em 2006 foi implantado um sistema de ERP da Empresa Decisão Informática de Caxias do Sul. Com esta nova aplicação em funcionamento, a engenharia teve que mudar/adaptar seus processos de desenvolvimento para se alinhar ao sistema ERP. Primeiramente foi necessário designar um colaborador específico para atuar como “integrador” entre o sistema ERP e o CAD, ou seja, este colaborador passou a ser responsável por cadastrar e estruturar os produtos desenvolvidos pelo departamento de engenharia. Porém este processo manual de cadastramento/estruturação têm se mostrado improdutivo e impreciso ao longo do tempo. A figura 1 mostra o fluxo do processo de desenvolvimento e cadastramento/estruturação dos produtos. Basicamente inicia-se com a solicitação de códigos “Neutros” obtidos no ERP para

então iniciar o desenho do item no CAD, assim que o item está modelado ele é detalhado e repassado para o colaborador que irá fazer o cadastro/estrutura do item no ERP, com base nas informações do desenho do item. Após, é feita uma conferência da estrutura pelo projetista, se estiver ok, o processo de desenvolvimento termina, e então segue o fluxo de produção, que irá passar para o PCP.

Figura 1: Processo de desenho/estrutura de produto atual.



Fonte: O autor.

Pode-se notar a grande quantidade de atividades envolvidas no processo atual de desenvolvimento de produto. Para deixar a situação mais crítica, o fato de apenas um colaborador ser o responsável pelo cadastro/estrutura dos produtos, acaba gerando atrasos na atividade de desenho de produto, pois o desenhista muitas vezes tem de esperar por códigos, que serão gerados no sistema ERP, para então iniciar o desenho da peça. Soma-se a isto que são cinco projetistas, os quais em algumas situações necessitam de códigos ao mesmo tempo, aumentando o tempo de espera e a sobre carga no colaborador responsável pelo cadastro/estrutura.

Outro fator preocupante é que por ser somente um colaborador a cadastrar/estruturar, o processo de desenvolvimento fica comprometido quando o mesmo necessita se ausentar da empresa seja por férias, doença, ou mesmo a serviço. Diante destas explicações o próximo tópico trata de apresentar a proposta de solução do problema descrito acima.

### **1.3-Objetivos deste estudo de caso.**

O objetivo principal deste trabalho é pesquisar, analisar, e implementar uma proposta de interface de integração entre o sistema CAD e o ERP da Empresa Seibt, visando reduzir o tempo para cadastro e estruturação de produto, como também proporcionar maior precisão ao processo e implementar um protótipo dessa interface como produto final deste trabalho. Este trabalho abordará a integração entre CAD e ERP adequada à necessidade e possibilidade da empresa, pois o cenário atual da Empresa Seibt não é propício para uma integração mais profunda e complexa. Uma integração mais abrangente além de requerer a implantação de um software PDM entre o CAD e o ERP, envolveria também uma mudança na metodologia de desenvolvimento do produto e até mesmo uma mudança cultural na empresa como um todo.

Pretende-se durante o desenvolvimento deste estudo de caso, responder às seguintes questões de pesquisa:

Como será feita a integração entre o CAD e ERP?

Qual nível e complexidade de integração serão aplicados, para atingir o objetivo deste trabalho?

É possível combinar estrutura do produto no ERP com desenho do produto no CAD?

O resultado esperado deste trabalho é o protótipo da interface de integração implementado em um ambiente de testes para avaliação dos usuários, da empresa desenvolvedora do ERP e dos diretores, para os devidos ajustes. Havendo a aprovação da interface, a mesma será implementada em ambiente de produção.

### **1.4-Organização deste trabalho.**

Além do capítulo um que trata da introdução, o desenvolvimento deste trabalho contém mais sete capítulos que abrangem os seguintes temas:

Cap.2- Apresentação do assunto de integração de aplicações, sendo apresentado referencial teórico dos conceitos e principais técnicas de integração de aplicações, obtendo-se com isto um embasamento teórico para este estudo de caso.

Cap.3- Apresentação das técnicas de integração entre aplicações CAD/PDM e ERP, sendo também apresentado o referencial teórico sobre as aplicações envolvidas, suas funcionalidades, como também as dificuldades encontradas em um projeto de integração entre estas aplicações. Apresentação do conceito de API, sendo que será esta a técnica de integração abordada neste trabalho.

Cap.4- Apresentação do projeto deste estudo de caso iniciando com as aplicações envolvidas na integração, sendo abordadas suas funcionalidades específicas, e interfaces de comunicação com usuários. Também serão levantadas as principais atividades dos processos atuais que envolvem o desenvolvimento do produto na Empresa Seibt. No projeto deste estudo de caso serão considerados: requisitos funcionais e não funcionais, diagramas de classes, casos de uso, diagramas de seqüência e diagramas de atividades.

Cap.5-Implementação do protótipo da interface de integração, e realização de testes em um ambiente de teste.

Cap.6-Apresentação dos resultados obtidos e cruzamento de resultados através da tomada de tempos do processo manual de cadastro e o processo usando a interface de integração.

Cap.7-Dificuldades encontradas na elaboração da base teórica, na análise, projeto e implementação.

Cap.8-Considerações finais e sugestão para trabalhos futuros.

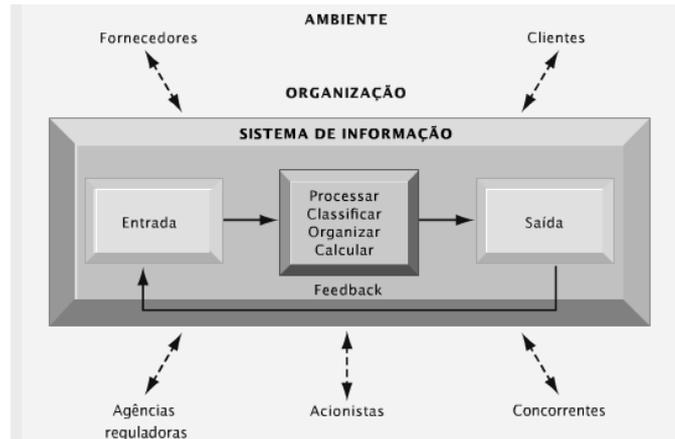
## **2-INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS.**

A integração de sistemas é um assunto muito discutido nos meios acadêmico e empresarial. A informação tem adquirido nos últimos anos uma grande importância para as organizações devido a vários fatores como: expansão dos mercados além fronteiras, o grande e rápido desenvolvimento da tecnologia da informação (hardware e software), acirramento da competição entre as empresas para disponibilizarem ao mercado os seus produtos com maior rapidez e eficiência, a questão da redução de custos, cada vez mais importante e estratégica para qualquer tipo de negócio. Diante deste cenário, vários autores têm buscado conhecer e explicar o que vem a ser a Integração de Sistemas. Serão apresentadas a seguir algumas definições de alguns autores sobre este assunto, porém antes, uma definição do que são Sistemas de Informação torna-se necessária para um melhor entendimento e contextualização do problema de integração de sistemas.

### **2.1-Sistemas de Informação.**

Sistemas de informação (SI) podem ser definidos como um conjunto de componentes inter-relacionados que coleta, processa, armazena e distribui informações para as mais variadas áreas empresariais, auxiliando os gestores no processo decisório (LAUDON, 2010). A figura 2 apresenta os componentes e suas funções em um sistema da informação.

Figura 2: Funções de um Sistema de Informação



Fonte: (LAUDON, 2010).

As três funções principais de um SI: entrada, processamento, saída, são responsáveis respectivamente por coletar, processar e entregar (e gerenciar) todas as informações necessárias à organização para a tomada de decisões, e apoiar os gestores no controle e solução de problemas como também na elaboração de novos produtos.

Mas os SI são mais do que computadores, para (LAUDON, 2010) os SI possuem três dimensões que são: a organizacional, pessoas, e Tecnologia da Informação (TI).

A dimensão *organizacional* enfatiza a cultura da organização como modeladores dos SI usados, e não ao contrário como se pensava até algum tempo atrás. Por isso é de suma importância que o SI deve estar o mais alinhado possível com o modo de ser e agir da organização sob pena de se assim não for, ocasionar o fracasso do SI.

Na dimensão *pessoas* o foco é na relação humana com os SI utilizados. O sucesso de qualquer organização está relacionado mais com as capacidades técnicas, e sociais de seus recursos humanos do que com o montante de TI que a empresa possui. Ainda segundo (LAUDON, 2010), as tecnologias de informações estão cada vez mais baratas, enquanto que bons profissionais com características de interesse das organizações estão cada vez mais caros e difíceis de encontrar.

A terceira dimensão trata da tecnologia em si, composta de vários recursos tecnológicos como:

- *Hardware*: o meio físico da TI, como computadores de vários tipos e capacidades, dispositivos de armazenamento de dados, dispositivos de entrada e saída.

- *Software*: composto pelas instruções pré-programadas que são responsáveis pelo controle do hardware de um SI.
- *Tecnologia de Comunicação e rede*: que engloba tanto hardware quanto software para a interligação e transferência de dados/informações entre sistemas localizados em lugares diferentes.
- *A World Wide Web*: que dispensa apresentações nos dias atuais, sendo esta uma das maiores evoluções na área da TI, disponibilizando ao mundo em alguns clicks acesso a praticamente qualquer informação de que necessitamos.

O conjunto destas tecnologias somadas às pessoas que as conduzem forma o que é denominado de Infraestrutura da Tecnologia da Informação (LAUDON, 2010). A figura 3 mostra estas três dimensões apresentadas como formadoras da TI.

Figura 3: As três dimensões de SI



Fonte: (LAUDON, 2010).

O conceito e definições que envolvem os SI são muito amplos e caberia bem mais que um capítulo para abordar este assunto, o que não é feito aqui por não ser este o foco deste trabalho.

## 2.2-Conceito de Integração de Sistemas.

Que os SI estão incorporados na maioria das organizações, sejam sistemas grandes ou não, isto é fato. Mas esta grande proliferação de SI tem trazido junto um problema que está já há algum tempo preocupando, tanto as organizações como o meio acadêmico e pesquisadores

da área de SI, (DE SORDI e MARINHO, 2007). Em uma mesma empresa pode haver sistemas de gestão da produção, sistemas de desenvolvimento de produto, sistemas de controle financeiro etc. Simplesmente não é mais suficiente para as organizações terem as informações através de seus diversos sistemas, é necessário também que estas informações possam ser compartilhadas entre as várias áreas funcionais da empresa através da integração de sistemas. A integração de SI é o tema da hora e seus conceitos, abordagens, aplicações, limitações, vantagens, e desvantagens serão apresentadas a seguir.

Alguns significados da palavra “integração”, segundo o dicionário Aurélio são: “*o ato ou efeito de integrar*”, “*Adaptação, incorporação de um indivíduo ou grupo externo numa comunidade, num meio.*”, “*tornar inteiro ou cabal*”. Trazendo estes significados para o contexto de SI, pode-se dizer que Integração de SI é a adaptação de um sistema a outros sistemas em um grupo ou meio, ou fazer com que vários sistemas atuem como um só. Alguns conceitos sobre integração de SI são apresentados a seguir por alguns autores de trabalhos semelhantes.

A integração de sistemas pode ser definida como o compartilhamento de informações e processos entre aplicações em rede ou fonte de dados em uma organização (MARTINS, 2005).

Integrar sistemas é obter uma melhor operação dos processos dentro da organização, envolvendo pessoas, máquinas e a informação (GORANSON 1997 Apud CUNHA, JÚNIOR e ALMEIDA, 2005).

Destes dois conceitos apresentados o primeiro é o que melhor caracteriza um ambiente integrado de SI, sendo que neste trabalho este conceito é o que será usado como referência à definição de integração de SI. Porém por ser um conceito bastante abrangente existem alguns autores que classificam a integração de SI em pelo menos quatro perspectivas distintas (MARTINS, 2005), são elas:

- Integração de Informações/dados (II): nesta perspectiva o foco da integração é a informação, sua gestão, disponibilização;
- Integração de Aplicações (IA): a integração das aplicações é o foco nesta perspectiva;
- Integração de Processos (IP): nesta perspectiva o foco está nos processos organizacionais;
- Integração Inter-Organizacional (IO): o foco é a integração entre organizações;

Independentemente destas diferentes perspectivas, o resultado que se espera é a integração entre sistemas diferentes, de tal forma que atenda as necessidades das organizações. Cada uma destas abordagens tem suas vantagens e desvantagens, cabendo uma análise da necessidade de cada organização.

A seguir será abordada a importância que a integração de sistemas está tendo nos dias atuais, a necessidade de integração, principais tecnologias disponíveis, e as ferramentas utilizadas para facilitar as várias situações de integração de SI.

### **2.3-Importância da Integração de Sistemas.**

Segundo (DE SORDI e MARINHO, 2007), a grande proliferação de sistemas de informações SI ao final da década de 90, com a proposta de solucionar o possível “bug” do milênio, chamou a atenção dos pesquisadores e desenvolvedores para o problema de integração entre os SI nas organizações. Desde então a integração entre SI tem sido tratada como um ponto crítico para o bom desempenho das organizações que dependem da tecnologia da informação. Alguns problemas são apontados como decorrentes da falta de integração dos SI nas organizações, (CUMMINS, 2002 Apud DE SORDI e MARINHO, 2007), são eles:

- Perda de competitividade devido à dificuldade de redução de tempos de processos pela falta ou deficiência de integração dos SI, o que dificulta o fluxo de informações;
- Restrição da participação da empresa em parcerias com grandes corporações que exigem de seus parceiros uma forte integração dos SI, para agilizar as trocas de informações;
- A re-digitação dos dados para outro sistema aumenta grandemente as possibilidades de falhas sem contar na replicação desnecessária de dados;
- Lentidão para se perceber um problema em um processo pela demora e ou pela imprecisão na troca de informações entre as diversas áreas da empresa;
- Postura de “não mudar” o que está funcionando por receio de problemas maiores, acaba dificultando a evolução e melhorias dos processos de negócios.

O lado positivo é que muitas empresas já estão reconhecendo o valor da integração de SI para o bom desempenho dos negócios, conforme demonstram pesquisas feitas por

Benamatti e Ledderer em 2000. Foram pesquisados nove desafios para as gerências de TI, e entre estes desafios aparece um denominado “novas integrações” (BENAMATTI, LEDDERER, 2000 Apud DE SORDI e MARINHO, 2007). Outro ponto observado é que a missão principal da TI tem se deslocado da apresentação de novos sistemas para a integração dos sistemas existentes (MEEHAN, 2002 Apud DE SORDI e MARINHO, 2007).

O cenário atual, das rápidas mudanças nas diversas áreas relacionadas à administração empresarial como um todo, como também nas áreas tecnológicas, tem tornado obsoletas as formas usuais de integração de sistemas na mesma velocidade em que essas mudanças ocorrem. São apresentadas a seguir algumas dessas mudanças que tem exigido das organizações maior empenho na busca de novas formas de integração que venham a suprir as necessidades específicas de cada negócio (DE SORDI e MARINHO, 2007).

- Proliferação de diversos tipos de sistemas nas organizações para atender as mais variadas necessidades do negócio:
  - Aquisição de softwares prontos e específicos para determinadas funções, gerando a necessidade de integração entre estes softwares;
  - Fusões e aquisições de empresas;
- A busca por vantagem competitiva frente à concorrência, que implica em uma melhor gestão das informações, levando-se a uma maior preocupação com a integração entre os sistemas internos e externos;
- Exigências de órgãos reguladores de maior rapidez na transferência das informações;
- Maior número de entidades governamentais ou não, que necessitam trocar informações de diversas naturezas e tipos;

#### **2.4-Tecnologias para integração de sistemas.**

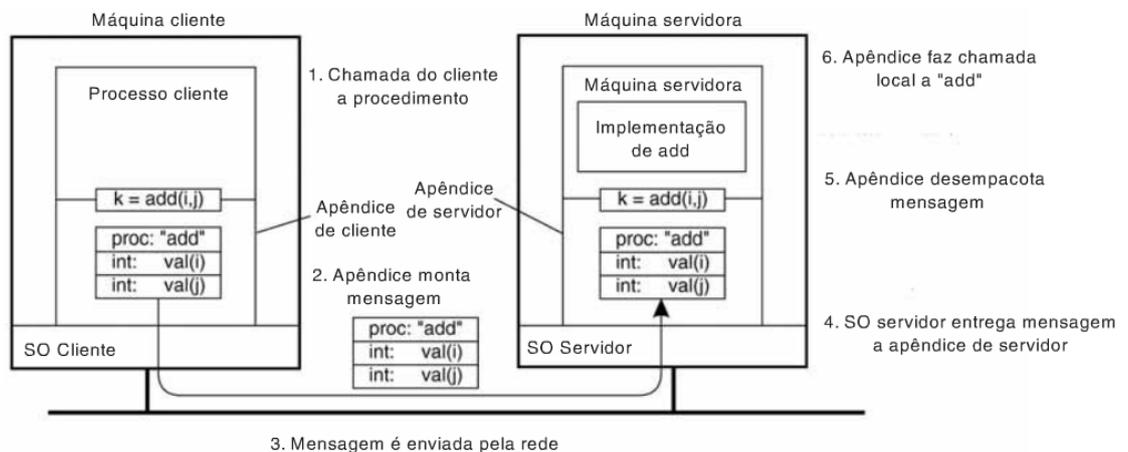
Atualmente existem várias tecnologias para integração de SI, porém nenhuma delas pode ser definida como a ideal, ou que pode resolver todos os problemas de integração. É necessária uma análise do tipo de integração de SI, as aplicações envolvidas na integração, a complexidade de implantação (tecnologia disponível), o grau de integração (quantidade de informações envolvidas) (SIMONETTI, 2002). Não é o foco deste trabalho, abordar detalhadamente cada tecnologia, mas sim apresentar suas principais características e

aplicações. Serão apresentadas as tecnologias de: RPC (Remote Procedures Call), EDI (Eletronic Data Interchange), Troca de mensagens, Acesso direto a Base de dados, integração por API, e Web services.

### 2.4.1-Chamada a Procedimentos Remotos (RPC).

Em 1984 Birrel e Nelson propuseram um novo modo de comunicação entre processos em máquinas diferentes que foi denominado de *Remote Procedure Call* (RPC). Este modo de comunicação funciona da seguinte maneira: quando um procedimento em uma máquina “A” chama um procedimento em uma máquina “B”, o processo chamador em “A” fica suspenso e a execução do processo chamado ocorre em “B”. Informações podem ser enviadas pelo processo chamador ao processo chamado através de parâmetro, e o processo chamador pode receber o retorno após o término do processo chamado. Nenhuma troca de mensagens é visível ao programador (TANENBAUM, 2007). O RPC pode ser utilizado para comunicar entre processos locais (em um mesmo sistema) como entre processos remotos. Esta abordagem passou a ser utilizada com o surgimento dos sistemas OLTP (*On Line Transaction Processing*). Estes sistemas eram monolíticos, centralizados e encapsulados nas atividades do negócio (DE SORDI e MARINHO, 2007). Alguns exemplos que implementam esta tecnologia são: CORBA, RMI, DCOM. A figura 4 mostra a estrutura de uma comunicação RPC entre processos remotos em duas máquinas distintas.

Figura 4: Exemplo de uma chamada de procedimento remota



Fonte: (TANENBAUM, 2007)

#### 2.4.2-Troca Eletrônica de Arquivos (EDI).

Com a grande proliferação dos sistemas OLTP cresceu também a necessidade de troca de informações internamente e externamente. A solução encontrada foi a troca de arquivos eletrônicos entre sistemas. Trata-se da troca de documentos entre aplicações e (ou) empresas em um formato pré-definido através de um acordo entre as partes (MARTINS, 2005). Os formatos dos documentos a serem transmitidos seguem algumas normas como ASC X12(Americana) e UN/EDIFACT (Européia). Essas normas cuidam da sintaxe, organização dos dados, comunicação e troca das informações. Basicamente um arquivo EDI possui um cabeçalho (*header*), que informa o tipo de documento, data, remetente e destinatário; um corpo (*detail*), que contém o conteúdo do documento; e um sumário (*summary*) para informações de controle sobre o documento, número de linhas entre outras informações (MARTINS, 2005). A figura 5 mostra um esquema de troca de arquivos com um documento formatado entre duas companhias.

Figura 5: Troca de Arquivos eletrônicos (EDI)



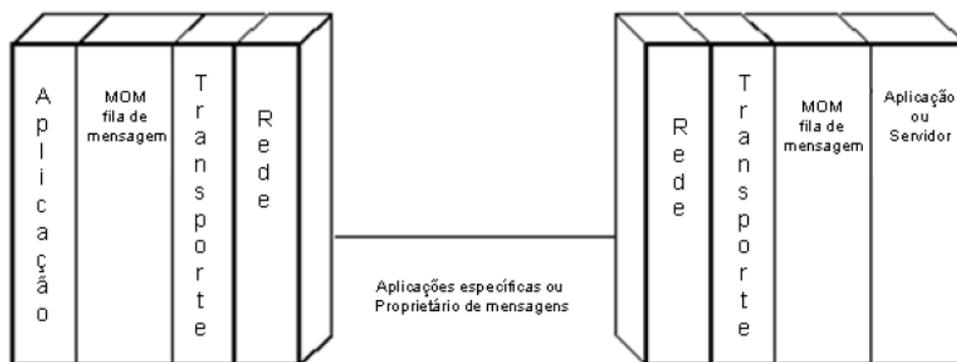
Fonte: MARTINS, 2005.

#### 2.4.3-Troca de mensagens (messaging).

Esta técnica consiste no envio e recebimento de mensagens utilizando as tecnologias que empregam as filas de mensagens (message queue), também conhecidos como MOM (*Message Oriented Middleware*). Neste sistema de fila de mensagem, cada sistema que se

submete ao serviço de fila pode retirar ou enviar pacotes de mensagens endereçadas a qualquer outro sistema submetido ao mesmo serviço. Esta técnica de comunicação assíncrona desobriga a conexão em tempo real entre os SI, o que representa uma vantagem sobre o RPC (síncrono). Outra vantagem é a abstração total entre uma ponta e outra da comunicação, pois uma aplicação não necessita conhecer como a outra aplicação tratará a mensagem enviada/recebida. Estas vantagens têm feito com que grandes empresas desenvolvessem suas soluções empregando o conceito MOM, como: IBM como o *Websphere MQ*, a Sun com o *Java Message Server*, a Microsoft com o *MQS (Message Queue Server)* (DE SORDI e MARINHO 2007, SILVA 2007) entre outras não citadas. Cada aplicação particular possui suas características próprias, porém mantendo o padrão os padrões definidos pelo conceito MOM (SILVA, 2007). A figura 6 mostra a estrutura básica de uma integração utilizando a troca de mensagens MOM, onde aparecem as camadas envolvidas. Como se pode ver é necessário que a MOM esteja implementada em ambos os lados para que possa haver a comunicação.

Figura 6: Estrutura básica da MOM



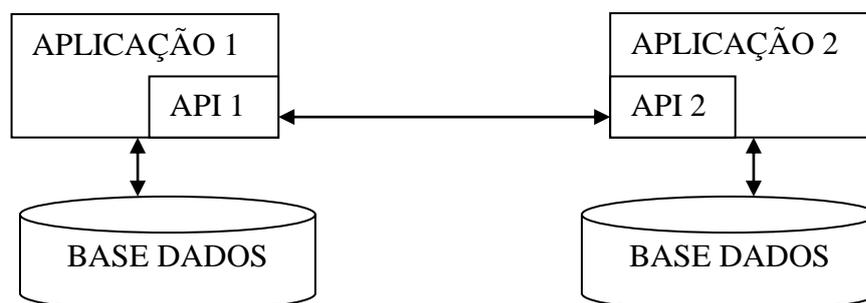
Fonte: SILVA 2007.

#### 2.4.4-Integração por API.

API (*Application Programming Interface*) é um termo usado para descrever as funcionalidades expostas por uma aplicação que permite usá-la através de um programa (AUTODESK INVENTOR 2011 COM API REFERENCE). É uma abordagem muito utilizada atualmente para integração de aplicações, necessitando, no entanto que pelo menos

uma das aplicações disponibilize o acesso de funções pela outra aplicação. O Uso de APIs na integração de sistemas pode ser em uma direção, unidirecional, ou em duas direções, bi-direcional, sendo que a mais utilizada é a unidirecional, por ser mais simples de implementar (SIMONETTI, 2002). Uma das desvantagens do uso de APIs é a complexidade de implantação, exigindo mão-de-obra especializada e cara. Outra desvantagem é se uma das aplicações for trocada a interface de integração deve ser refeita (ZANCUL, GUERRERO, ROSZENFELD e OLIVEIRA, 2000). Porém para diminuir a complexidade da integração por APIs, alguns fornecedores de sistemas estão desenvolvendo kits de integração através de parcerias, que encapsulam as funcionalidades de integração, reduzindo com isso a complexidade de implantação (ZANCUL, GUERRERO, ROSZENFELD e OLIVEIRA, 2000). A figura 7 mostra uma estrutura típica de duas aplicações que disponibilizam APIs para integração.

Figura 7: Integração por APIs



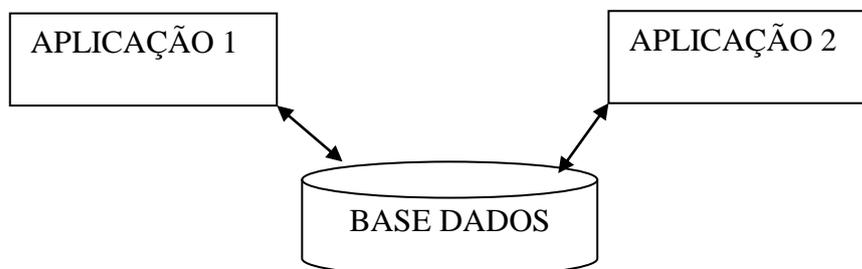
Fonte: O Autor.

#### 2.4.5-Acesso direto à base de dados.

Esta técnica facilita a integração por API quando as aplicações utilizam a mesma base de dados, havendo comunicação direta à base de dados, através de drivers ODBC, OLEDB, e uso de funções SQL (*Structured Query Language*). Não é uma técnica muito recomendada pelos desenvolvedores de aplicações de integração, devido ao grande risco de corromper a base de dados de uma das aplicações, pela quebra das regras de negócio definidas na base de dados. Por exemplo, se uma das aplicações faz uma alteração na base de dados, deverá haver uma forma de informar a outra aplicação da alteração feita (SIMONETTI, 2002, DE SORDI e MARINHO, 2007). A figura 8 mostra uma possível estrutura de duas aplicações que

acessam a mesma base de dados, este tipo de integração é bastante flexível e tem um nível mais alto de integração do que a troca de arquivos. Porém não é recomendada conforme exposto acima.

Figura 8: Acesso direto à base de dados



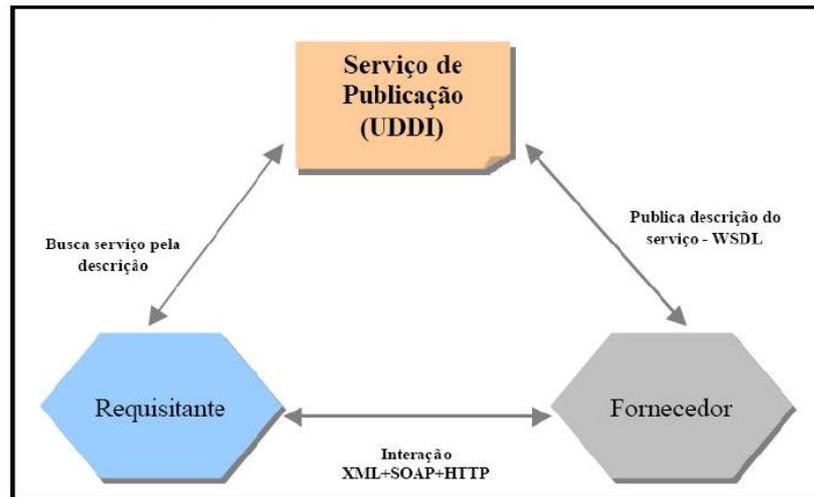
Fonte: O Autor

#### 2.4.6- SOA e Webservices.

SOA (*Services Oriented Architecture*) é a metodologia que usa Webservices para integração de sistemas entre empresas, permitindo que sejam aproveitados os sistemas existentes, COTS ou sistemas legados. A grande vantagem é a redução do tempo de desenvolvimento de aplicações, através da reutilização de processos de negócio. Dentro do contexto SOA os serviços são porções isoladas de aplicações, utilizadas por outras aplicações que necessitam da mesma funcionalidade (SILVA, 2007).

Webservices é o mais novo conceito para integração de aplicações corporativas e entre organizações, no conceito de B2B (*Business to Business*). É independente de plataforma e linguagem de programação. Utiliza o protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*), para troca de mensagens e o padrão XML (*Extensible Markup Language*), para o conteúdo dos documentos a serem transmitidos (SILVA, 2007). Os Webservices não se preocupam com tratamento de apresentação das informações, somente se encarregam de realizar a comunicação entre aplicações por requisição e resposta a métodos, deixando a formatação por conta das aplicações solicitantes do serviço. A figura 9 mostra uma estrutura simplificada de Web services.

Figura 9: Arquitetura Básica de Web Services



Fonte: SANTANA e SILVA 2009.

### **3-INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS CAD/PDM E ERP.**

Existem muitas técnicas para integrar sistemas de desenvolvimento de produto com os sistemas ERP. Algumas destas técnicas utilizam os sistemas PDM, que servem como integradores entre os sistemas CAD e ERP. Outras técnicas é a integração direta entre o CAD e o ERP. Este trabalho pretende abordar esta última técnica de integração, levando em consideração o cenário atual na Empresa Seibt. Os sistemas PDM serão abordados neste trabalho no Cap. 3.2.3, mostrando sua abrangência e profundidade de integração, como suas vantagens e desvantagens.

#### **3.1-Sistemas para Desenvolvimento de Produto.**

Os sistemas para desenvolvimento de produto, mais conhecidos como programas CAD/CAE/CAM, formam um conjunto poderoso de ferramentas computacionais que tem proporcionado uma grande evolução no processo de desenvolvimento de produto. Estes sistemas mesmo com características distintas, são totalmente integráveis entre si, e esta integração é o ponto crucial para qualquer empresa que deseja tirar o máximo proveito destas tecnologias. Porém, somente a integração entre os sistemas CAD/CAE/CAM já não é mais suficiente para as organizações. Com a proliferação de sistemas ERP, surge uma nova necessidade de integração de sistemas, que é a de aproximar mais as áreas de produção e desenvolvimento de produto.

Para contextualizar os ambientes que serão integrados será apresentado uma breve descrição de cada uma destas ferramentas, suas principais características e usos.

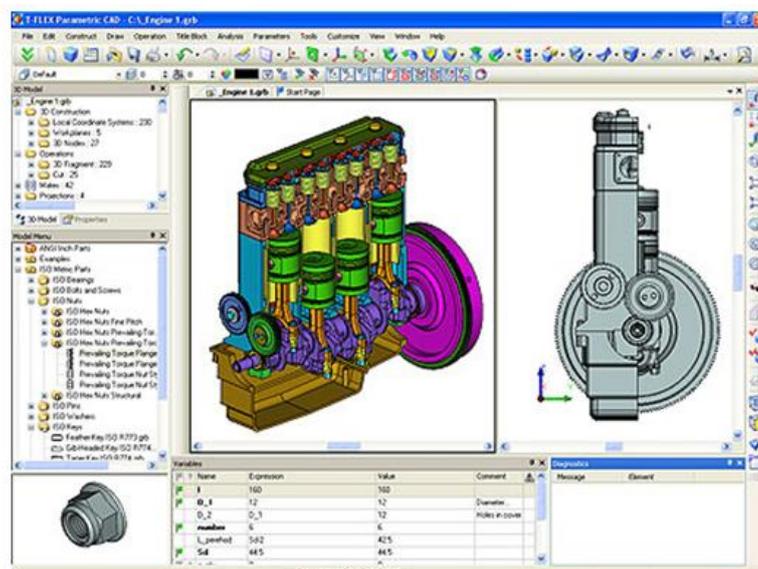
##### **3.1.2-Sistemas CAD.**

Os sistemas CAD foram inicialmente criados para atender a demanda de desenhos de alta precisão da indústria metal-mecânica, e dirigidos para facilitar a confecção de desenhos, e

não na concepção deles. Porém gradativamente, quanto mais funcionalidades eram incorporadas aos sistemas CAD, outras características mais abrangentes eram também atribuídas a estes sistemas. Uma das características mais importantes seria a de facilitar a integração entre o ambiente de projeto e produção, até então isolados devido à herança do movimento do Taylorismo do início do século passado (ROMEIRO FILHO, 1997).

Atualmente as empresas têm à sua disposição uma enorme gama de sistemas CAD 2D/3D, de diversas complexidades para as mais variadas finalidades. Os sistemas CAD podem ser classificados em três categorias distintas: *high-end*, *middle-end* e *low-end*. Os CAD *high-end* possuem as funcionalidades mais avançadas e complexas, que envolvem prototipação, simulação de movimentos, realidade virtual entre outras. São usados por empresas de grande porte que desenvolvem produtos de alta tecnologia como aeronáutica, automobilística, naval. Os softwares CAD *middle-end* possuem algumas das funcionalidades dos softwares *high-end*, são mais acessíveis e, portanto muito usados pela maior parte das indústrias dos setores metal-mecânico, moveleira, odontologia entre outras. Os programas CAD *low-end* são os mais simples, porém são também muito usados nas indústrias que não necessitam de desenhos tão precisos, ou de simulações de esforços e colisões. São utilizados mais pelas indústrias de pequeno porte devido ao baixo custo (GAMA, 1999 Apud SIMONETTI, 2002). A figura 10 mostra uma tela do software T-Flex CAD, com o desenho em 3D de um motor, mais uma vista ortogonal à direita na figura. Esta visualização aumenta em muito a capacidade de análise dos projetistas e engenheiros, diminuindo consideravelmente o tempo de desenvolvimento e número de erros de projeto.

Figura 10: Tela do T-Flex CAD



Fonte: [http://tflex.com/nv\\_cad\\_11.htm](http://tflex.com/nv_cad_11.htm)

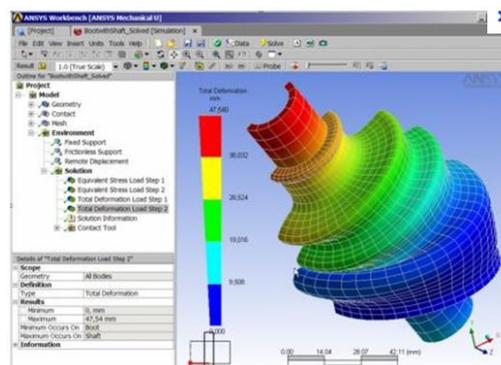
### 3.1.3-Sistemas CAE.

Os sistemas CAE (Computer Aided Engineering) são sistemas computacionais utilizados para auxiliarem os engenheiros em tarefas como: cálculos estruturais, comportamento térmicos dos materiais, cálculo de fadiga, escolha do material e geometrias adequadas a determinado componente (CAD/CAMFUNDAMENTALS, 2012). A evolução dos sistemas CAE seguiu paralelamente ao desenvolvimento dos sistemas CAD (ROMEIRO FILHO, 1997).

Os programas CAE são muito usados nas indústrias automobilística, aeronáutica, entre outras que necessitam de muita precisão e segurança no desenvolvimento de seus produtos. Primeiramente os modelos dos componentes são gerados em um sistema CAD e então são analisados no ambiente CAE (SIMONETTI, 2002). A grande vantagem do uso dos sistemas CAE, é poder analisar e definir o formato e o material ideal de uma determinada peça sem ter que construir um protótipo real para a realização de testes. Esta prática tem diminuído consideravelmente os custos e tempo no desenvolvimento de produtos (CAD/CAMFUNDAMENTALS, 2012).

A maioria dos sistemas CAE utiliza a simulação por elementos finitos (FEA), que consiste na divisão do componente em regiões menores que serão analisadas individualmente, e apresentando o resultado final através de uma imagem com a intensidade das solicitações em cada região através de cores representando cada nível de tensão. A figura 11 mostra uma tela do software CAE da ANSYS, que simula um ensaio de esforço mecânico sobre uma peça, e mostra a malha e as cores representando os níveis de tensão/deformação exercidos sobre a peça quando solicitada a um determinado esforço.

Figura 11: Simulação das tensões em um componente.

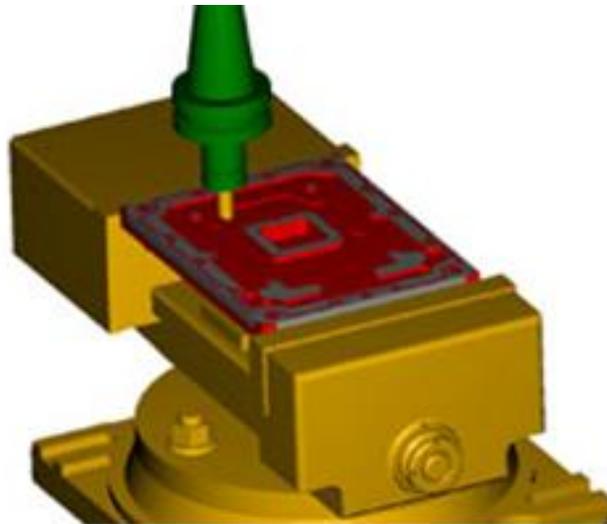


Fonte: [http://cadcamfunda.com/cadcam\\_softwares](http://cadcamfunda.com/cadcam_softwares)

### 3.1.4-Sistemas CAM.

Os sistemas CAM (Computer Aided Manufacturing) assim como os sistemas CAE seguiram a evolução dos sistemas CAD. Auxiliam na determinação dos processos de fabricação, como no planejamento das melhores operações que serão feitas em um produto, seqüenciando as operações, ferramentas, trajetórias de usinagem, velocidade e profundidade de corte entre outros parâmetros necessários (CAD/CAMFUNDAMENTALS, 2012). Os sistemas CAM utilizam os modelos gerados no CAD para determinar as seqüencias e trajetórias das ferramentas no processo de usinagem. As informações geradas no CAM são então enviadas às máquinas de usinagem com Comando Numérico Computadorizado (CNC), que executarão as operações determinadas (SIMONETTI, 2002). A figura 12 mostra a usinagem de uma peça no software CAM. Com esta tecnologia é possível determinar a trajetória da ferramenta sobre a peça, o avanço de corte, e também pode ser gerado o programa que controlará a máquina de usinagem que efetuará a manufatura da peça.

Figura 12: Simulação de usinagem em um sistema CAM.



Fonte: [http://cadcamfunda.com/cam\\_computer\\_aided\\_manufacturing](http://cadcamfunda.com/cam_computer_aided_manufacturing)

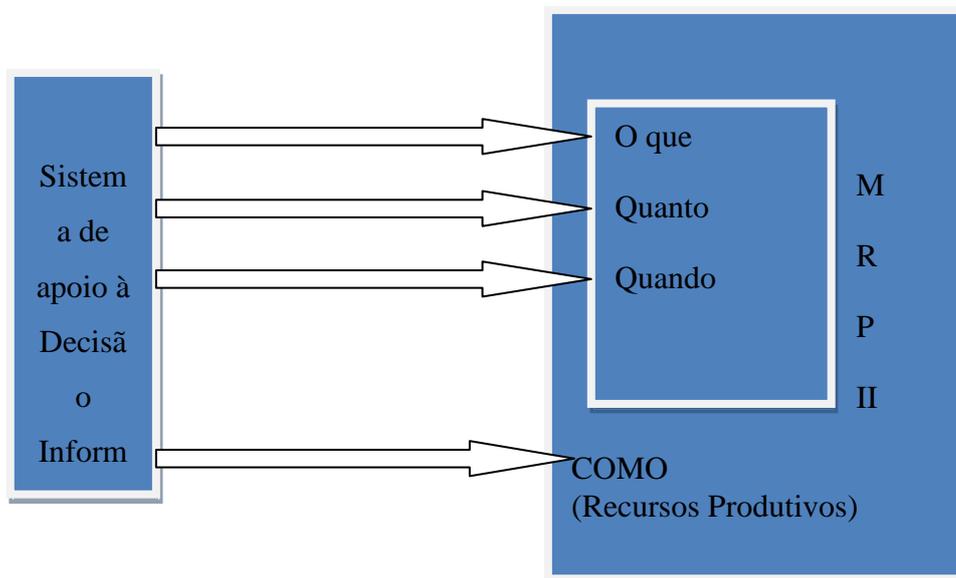
### 3.2-Sistemas para Gestão do Processo Produtivo.

As organizações sempre buscaram a forma ideal para controlar e gerir seus processos produtivos, materiais e recursos de manufatura. Nos dias atuais esta busca está mais acirrada devido às grandes mudanças nos processos de produção, necessários para atender a crescente demanda, como também o aumento da concorrência. O mercado consumidor também tem mudado nos últimos anos, e tudo indica que continuará em mutação. Desde que o avanço da tecnologia da informação proporcionou a criação de sistemas computacionais, as empresas investiram muito na busca da melhor solução em SI que atendesse suas necessidades de gestão (NEVES e SANTOS, 2007). Muitos sistemas foram desenvolvidos e muitos ainda o serão.

### 3.2.1-Sistemas ERP.

Os sistemas ERP (Enterprise Resources Planning) são a evolução de seus antecessores MRP (Material Requirements Planning) e MRPII (Manufacturing Resources Planning) que não atendiam mais as necessidades das empresas no gerenciamento empresarial (FRANCISCHINI e LAUGENI) (SIMONETTI, 2002). Enquanto os MRP somente calculam as necessidades de materiais (o que comprar, quando comprar, que quantidade comprar), os MRPII além de fazer o cálculo do MRP fazem ainda o cálculo sobre os recursos disponíveis no ambiente de produção como empregados, equipamentos e ferramentas (DAVIS, AQUILANO e CHASE, 2001). A figura 13 mostra a abrangência do MRP e MRPII respectivamente, mostrando as informações que cada um deles processa e entrega para o sistema de apoio à decisão organizacional.

Figura 13: Abrangência do MRP e MRPII.



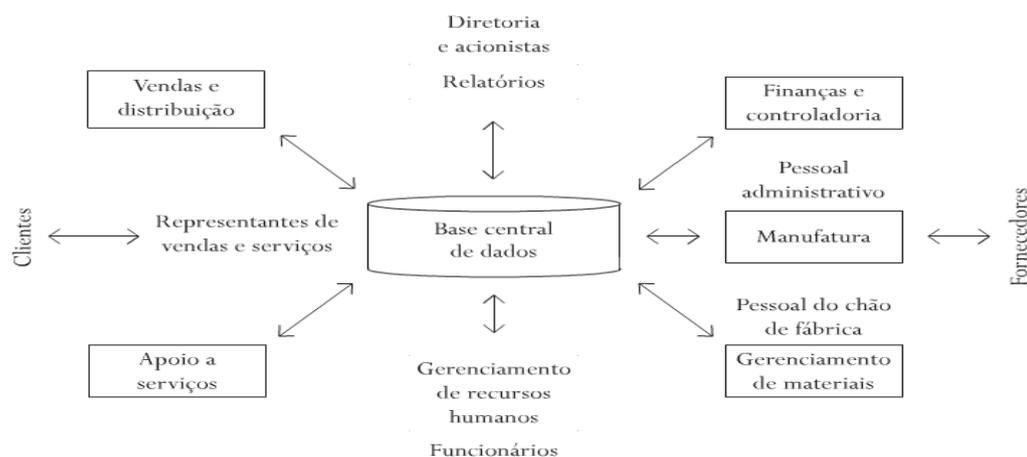
Fonte: Adaptado de (GIANESI, 2000 Apud SIMONETTI, 2002)

Porém o nível de integração proporcionado pelos sistemas MRP e MRPII deixaram de ser suficiente para as organizações, as necessidades e métodos de gerenciamento mudaram gerando uma necessidade de mudanças nos sistemas de gerenciamento para acompanhar estas mudanças. As empresas não necessitavam gerenciar seus estoques e o controle de manufatura somente, era necessário integrar todas as áreas funcionais da organização, produção, financeiro, comercial, engenharia, recursos humanos. Para solucionar este problema foram desenvolvidos os sistemas ERP, sistemas com um nível de integração mais abrangente, usando tecnologias mais modernas como arquitetura cliente/servidor, base única de dados, possibilitando a integração com outras aplicações envolvidas no processo produtivo e de desenvolvimento de produto (FRANCISCHINI e LAUGENI).

Caiçara (2008, p. 84-85) define ERP como sendo “... um sistema de informação adquirido em pacotes comerciais que permitem a integração de dados dos sistemas transacionais e de processos de uma organização”.

Outra definição por Davenport (1999) Apud Caiçara (2008, p. 84-85) é que o ERP “... é um pacote de software comercial que tem como finalidade organizar, padronizar e integrar as informações transacionais que circulam pelas organizações”. A figura 14 mostra um esquema básico de um sistema ERP, com a base de dados única e compartilhada com todas as funções organizacionais.

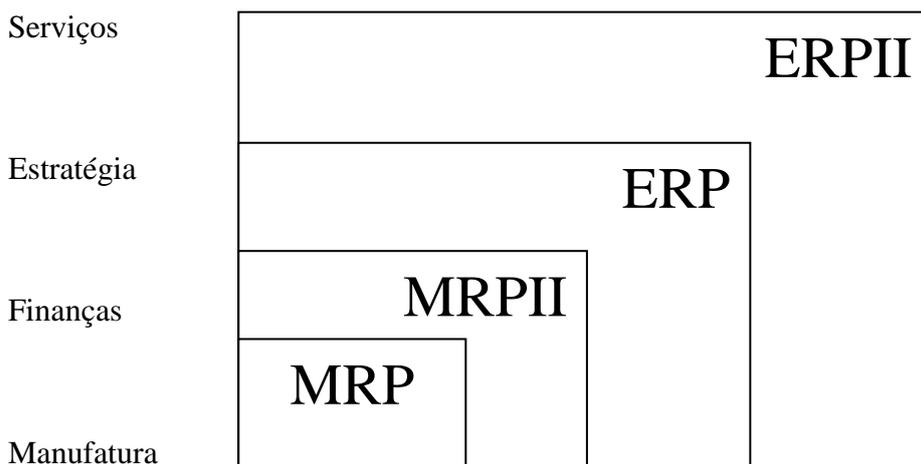
Figura 14: Estrutura típica de um ERP



Fonte: DAVENPORT, 1999 Apud CAIÇARA, 2008.

Seguindo a evolução, as empresas desenvolvedoras de ERP preocupadas com a integração entre empresas, têm desenvolvidos os chamados ERPII, que permitem a integração entre ERPs de várias organizações, o que representa uma grande vantagem para os processos produtivos das organizações (SIMONETTI 2002, CAIÇARA, 2008). A figura 15 mostra a evolução dos sistemas de gestão, e suas respectivas áreas de abrangência.

Figura 15: Evolução dos sistemas de gestão



Fonte: Adaptado de SIMONETTI, 2002.

### 3.2.2-Sistemas de Bancos de Dados.

Sistemas Gerenciadores de banco de dados (SGBD - como são conhecidos) é a base fundamental para qualquer sistema que necessite manipular dados com segurança e confiabilidade. Sem os SGBDs seria impossível desenvolver aplicações como os ERPs, PDMs, aplicações bancárias, vendas de passagens aéreas, entre tantas outras. Cada dia, em um momento o outro, as pessoas interagem com alguma aplicação que utiliza um SGBD, para fazer consultas, armazenar novos dados e (ou) excluir dados não mais necessários. Os SGBDs são responsáveis pelo armazenamento, gerenciamento e manipulação dos dados/informações de uma organização que utiliza aplicações com SGBDs. Não é objetivo deste trabalho se aprofundar no estudo dos SGBDs, nem no projeto de um banco de dados, serão apresentados os conceitos principais, funcionalidades e usos dos SGBDs.

Antes do conceito de SGBD, é importante conhecer o conceito de banco de dados, que é a base dos SGBDs. Para Elmasri e Navathe (2011) em uma forma bem geral, um banco de dados "... é uma coleção de dados relacionados". Dados são fatos conhecidos que possuem

significado implícito, ou seja, isoladamente não tem um significado muito útil. É muito comum para quem não conhece sobre banco de dados, confundirem “dados” com “informação”. Por exemplo, o número de uma conta em um sistema bancário, quando vista isoladamente é um dado, porém quando é feita uma consulta sobre a movimentação feita em determinada data referente aquela conta, isto já é considerado informação. Existem diferentes tipos e tamanhos de bancos de dados, por exemplo, uma agenda telefônica em um aparelho celular é um pequeno banco de dados pessoal, já a lista telefônica das páginas amarelas é um enorme banco de dados, com milhões de registros. Os bancos de dados não necessariamente são computadorizados, os exemplos acima já foram, há alguns anos atrás, bancos de dados em formato físico (papel, livros). É claro que hoje em dia não se pensa mais em um banco de dados que não seja computadorizado, e esta abordagem será usada neste trabalho. Os dados em um banco de dados são armazenados na forma lógica de tabelas, compostas por linhas (tuplas) e colunas (campos), o cruzamento de linhas com colunas são chamados de registros. A figura 16 mostra uma tabela de “ALUNOS” com dois registros, sendo o primeiro destacado por um retângulo.

Figura 16: Exemplo de uma tabela “ALUNOS” em um banco de dados.

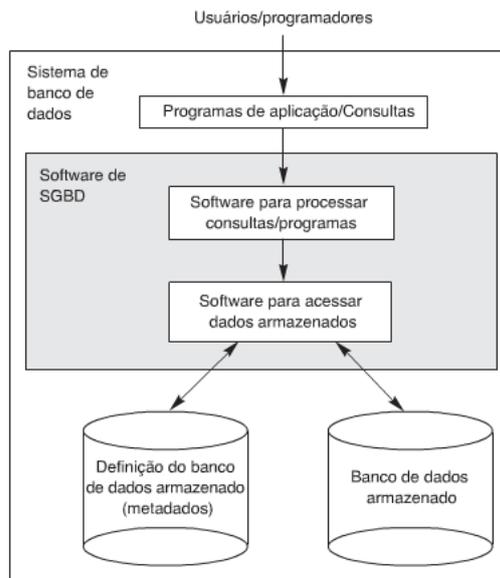
ALUNO			
Nome	Numero_aluno	Tipo_aluno	Curso
Silva	17	1	CC
Braga	8	2	CC

Fonte: ELMASRI e NAVATHE, 2011.

À medida que os bancos de dados foram aumentando de tamanho, e de complexidade dos dados a serem armazenados, aumentavam-se os problemas para gerenciar e manter íntegros os dados em um BD. Para solucionar este problema foram desenvolvidos os SGBDs. Um SGBD é uma coleção de programas que permitem aos usuários gerenciar e manter um ou mais bancos de dados (ELMASRI e NAVATHE, 2011). Alguns exemplos de SGBDs conhecidos são Oracle, SQL Server, IBM Db2, PostgreSQL, MySQL, entre outros. Os SGBDs permitem a construção de bancos de dados que envolvem, definição, construção, manipulação e compartilhamentos dos bancos de dados entre usuários e aplicações (ELMASRI e NAVATHE, 2011). A figura 17 mostra a estrutura típica de um sistema de banco de dados, que contempla os programas de aplicações usados pelos usuários, os programas do SGBD,

que controlam o acesso, integridade dos dados, processam as consultas entre outras funcionalidades.

Figura 17: Diagrama simplificado de um ambiente de sistema de banco de dados.



Fonte: ELMASRI e NAVATHE, 2011.

O assunto sobre bancos de dados é muito extenso, existem muitas literaturas e artigos na internet abordando este tema. Como já foi citado acima, não é o foco desse trabalho, detalhar a estrutura e o projeto de bancos de dados, mas o objetivo desta breve explanação é de mostrar a importância dos bancos de dados, seus conceitos e usos.

### 3.2.3-Sistemas PDM.

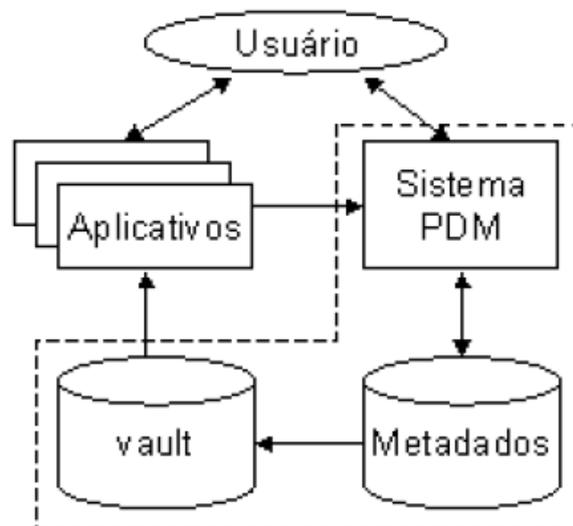
Os desenhos, antes feitos à mão, em papel, às vezes levavam dias para ficarem prontos, dependendo da complexidade do item a ser desenhado. Muitas vezes quando estavam quase prontos surgiam alterações a serem feitas, muitas vezes inutilizando todo o trabalho. Com a evolução dos sistemas CAD a produtividade na área de desenvolvimento de produtos aumentou consideravelmente. Hoje, desenhos que levavam dias para serem feitos, são terminados em poucas horas. As facilidades de copiar/colar entre outras, agilizaram o processo de desenvolvimento/desenho de produto. Porém nem toda tecnologia é 100% boa

para todas as situações. O grande número de arquivos gerados pelos sistemas CAD, está se tornando um problema para os departamentos de engenharia. A questão de gerenciamento desta grande quantidade de arquivos é um problema real, que deve ser solucionado o quanto antes para se evitar que se torne irreversível.

Para solucionar este problema foram desenvolvidos os sistemas conhecidos como PDM (Product Data Management), Gerenciamento de Dados de Produto. Em um conceito mais abrangente, um sistema PDM é definido como um software para gerenciamento de todas as informações concernentes ao desenvolvimento de um produto, em todo o seu ciclo de vida (GUERRERO e ROZENFELD, 1999). As funcionalidades de um PDM podem ser classificadas em funcionalidades principais e complementares. As funcionalidades principais são as de armazenamento dos dados do produto, o gerenciamento e controle de versões, controle de acessos e permissões, gerenciamento da estrutura do produto, classificação de itens entre outras. As funcionalidades complementares são as atividades de comunicação, conversão de dados, relatórios, e serviços administrativos do sistema (CIMData 1996 Apud GUERRERO e ROZENFELD, 1999).

O PDM funciona da seguinte maneira: Os desenhos de engenharia são confeccionados e enviados ao PDM que mantém as cópias físicas dos arquivos em um “*vault*” (cofre), e ao mesmo tempo armazena em uma base de dados relacional os metadados referentes aos desenhos dos produtos e (ou) qualquer arquivo relacionado com o desenvolvimento do produto. Estes metadados consistem das propriedades dos itens (arquivos), estrutura do produto (BOM), controle das versões dos desenhos, quem acessou os arquivos de desenho de produto, entre outras informações que podem ser controladas pelo PDM. A figura 18 mostra a estrutura de um sistema PDM. Os aplicativos clientes, que podem ser sistemas CAD (os mais usuais), aplicativos de escritório como Word, Excell, etc., acessam o PDM para buscar/salvar arquivos que são gerenciados com base em seus metadados. Os metadados são armazenados em um banco de dados relacional (a situação mais comum). Os arquivos físicos são armazenados em um *vault*, que é um diretório gerenciado pelo PDM, que controla o acesso através de permissões. Os usuários nunca acessam os arquivos originais, e sim uma cópia local que é disponibilizada pelo PDM. Alguns exemplos de sistemas PDM são: SolidWorks Enterprise PDM, Autodesk Vault, SmartTeam da Solution Ltda.

Figura 18: Funcionamento de um PDM.



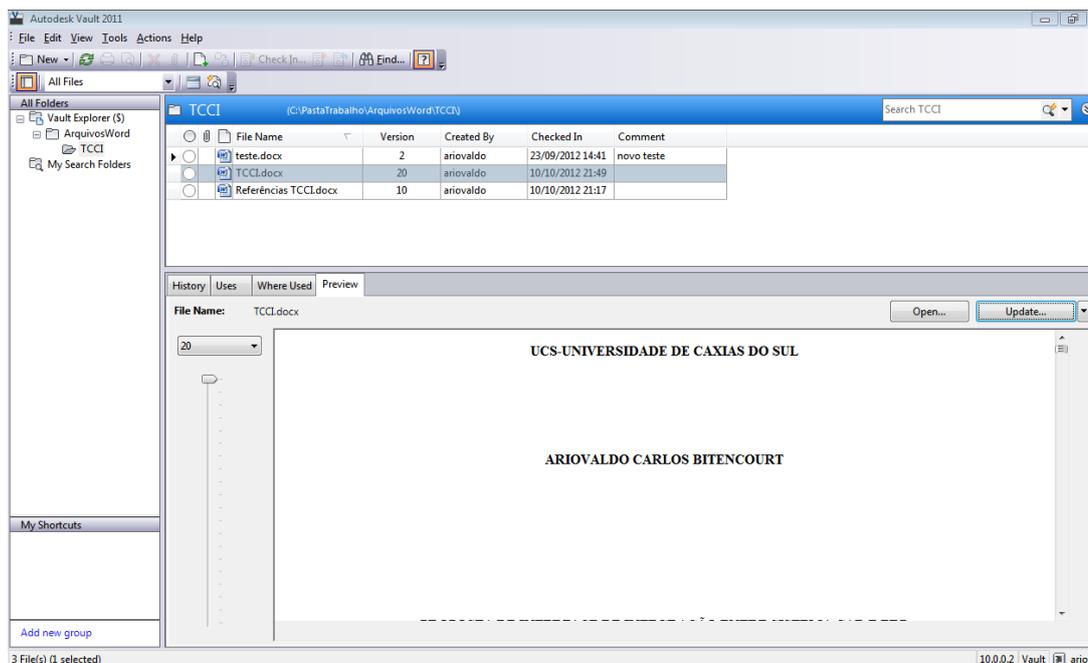
Fonte: GASGOIGNE, 1996 Apud GUERRERO e ROZENFELD, 1999.

Apesar das vantagens que um sistema PDM pode proporcionar às organizações, ainda existem muitas que não o implantaram, seja por desconhecê-lo ou por opção. Um sistema PDM não é algo trivial de se implantar, uma implantação enfrenta muitos obstáculos, técnicos, financeiros e culturais (TAMBORLIN e SCHÜTZER). Por esses motivos os sistemas PDM estão sendo usados mais pelas grandes e médias empresas, que têm visto nele uma grande ferramenta para auxiliar na implantação da engenharia simultânea. A engenharia simultânea (ES) não é algo novo, ela já é usada por muitas empresas desde 1990 aproximadamente (HARTLEY, 1998).

A engenharia simultânea (*Concurrent Engineering*) aborda a prática do trabalho em equipes multidisciplinares para o desenvolvimento de produto. Usando o conceito de uma força tarefa que ocorre paralelamente durante toda a fase de desenvolvimento. Ela prega o envolvimento de todos que terão alguma influência no produto, como: clientes, fornecedores, engenheiros, vendedores, gerentes de produção, financeiro, além é claro dos próprios diretores da organização (HARTLEY, 1998). Alguns estudos demonstram que a aplicação da (ES) em um ambiente empresarial pode reduzir o tempo de desenvolvimento do produto em até 40% (SIMONETTI, 2002). Acrescentando-se a este fator bastante relevante, o fato de também se

alcançarem baixos índices de retrabalho ou mudanças após iniciar a produção de um produto. A figura 19 mostra a tela do sistema PDM Autodesk Vault 2011, onde aparece um documento do Word, com várias versões armazenadas conforme são *checked in* (salvas) no *vault*.

Figura 19: Tela do AUTODESK VAULT 2011



Fonte: O autor

Apesar de já existirem vários sistemas PDM no mercado, e de suas vantagens também já confirmadas pelas empresas que utilizam este tipo de sistema, este trabalho não usará o PDM como meio de integração entre o CAD e ERP, com base nos critérios levantados antes, da dificuldade de implantação, do alto custo de aquisição, e da necessidade de uma grande mudança na organização, sendo que uma mudança desta magnitude não é viável no cenário atual em que a empresa se encontra. Fica, portanto esta abordagem do uso do PDM como sugestão para trabalhos futuros.

### 3.3-Técnicas para a Integração entre CAD e ERP.

Existem hoje várias maneiras de integrar um sistema CAD e ERP, sendo que não se pode definir uma como a ideal. Muitos pontos devem antes ser definidos e estudados para avaliação das possibilidades, riscos e conseqüências da abordagem adotada para a integração.

As tecnologias e ferramentas apresentadas no Cap. 2.5 podem ser utilizadas em uma integração entre aplicações CAD e ERP. A escolha de uma ou outra dependerá, além dos fatores descritos no Cap. 2.5, também do grau de integração que se deseja. Entenda-se “grau de integração” como a quantidade de informações envolvidas (SIMONETTI, 2002). Uma das primeiras definições que se deve fazer é mapeamento dos processos que serão envolvidos na integração das aplicações, depois, definição do grau de integração necessária e possível, com base na tecnologia que será usada, definição dos dados que são comuns às aplicações envolvidas. Seguindo estes primeiros passos, aumenta-se a chance de elaborar uma integração bem sucedida.

### **3.3.1-Definição dos Dados Comuns entre os Sistemas CAD e ERP.**

Uma das mais importantes definições a ser feita no projeto de integração entre sistemas CAD e ERP é sobre os dados comuns entre as aplicações. Os aplicativos CAD gravam as informações (propriedades) dos itens desenhados no documento (arquivo) do item. Os aplicativos de gestão ERP, por sua vez armazenam as informações em bancos de dados relacionais através de tabelas (explicado no tópico 3.2.2). É necessário extrair as informações comuns aos dois sistemas, das propriedades dos arquivos dos itens desenhados no CAD e enviá-las ao ERP. Hoje os sistemas CAD possuem um recurso que é considerado o ponto crucial na integração entre CAD e ERP que é a BOM (*Bill of materials*). A BOM contém a estrutura de produto de um item, informando quantidades, dependências entre outras informações que podem ser acrescentadas conforme necessidade (ROZENFELD, H. OLIVEIRA, 1998). O conceito de BOM, tipos, funcionalidades, aplicações e visões são apresentadas no próximo tópico.

### **3.3.2-Conceito de BOM (*Bill of materials*).**

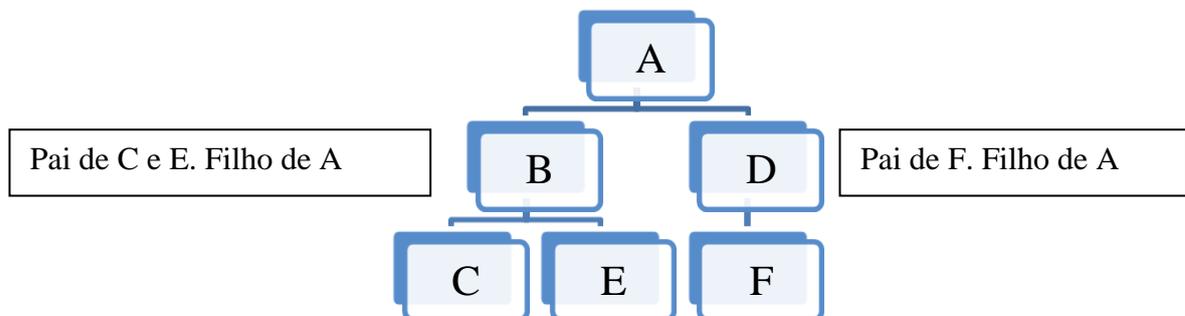
A APICS (1992) (AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY) define a BOM como, uma coleção de todas as submontagens, itens intermediários, e materiais de um determinado item. Também contém a definição se o item é comprado ou fabricado, suas dependências e quantidades. A BOM ainda pode conter informações sobre centros de custos, ferramentas necessárias ao processo produtivo

(CLEMENT et al. 1992 Apud ROZENFELD, H. OLIVEIRA, 1998). A APICS (1992) também define os seguintes componentes de uma BOM:

- **Item:** qualquer matéria-prima, peça, embalagem, componente, submontagem, montagem ou produto único manufaturado ou comprado.
- **Componente:** matéria-prima, peça ou submontagem que é utilizada numa montagem de nível mais alto, ou em outro item. Esse termo pode incluir também embalagens no caso de itens finais.
- **Peça:** geralmente um item isolado comprado ou fabricado que é usado como componente e não é uma montagem ou submontagem, nem matéria-prima.
- **Material:** produtos finais, montagens, submontagens, peças, matéria-prima, informações, recursos ou serviços usados durante o processo produtivo.

A BOM mantém uma relação de pai/filho entre os itens, sendo que o item que está sendo produzido é considerado item pai, e os materiais necessários para sua fabricação são considerados itens filhos. Essa relação pai/filho é propagada pela BOM conforme a complexidade do produto final a ser produzido, isto é, um item que é pai, também pode ser filho de outro item que está acima dele na estrutura do produto conforme figura 20 mostra.

Figura 20: Forma típica de uma BOM multinível.



Fonte: o Autor.

Além dos itens comprados e fabricados, a BOM apresenta mais dois tipos de itens com características particulares, são os itens fantasmas, e os pseudo-itens. Os itens fantasmas são aqueles que são produzidos, porém não são estocados apesar de possuírem “pais” definidos devido ao fato de serem logo consumidos para compor o item “pai”. Logo apesar de serem programados pelos MRPs, possuem lead time zero. Os pseudo-itens são itens de referência para auxiliar o planejamento, mesmo que possuam itens “pais” reais, não podem ser produzidos e não são considerados no inventário (ROZENFELD e OLIVEIRA, 1998).

As informações de uma BOM são utilizadas pelos vários setores envolvidos na produção de um produto, entrada de pedidos no comercial, planejamento da produção no PCP, definição da estrutura do produto na engenharia. Por tanto a precisão das informações da BOM é de suma importância, sob pena de causar problemas em cascata devido a estas informações serem utilizadas em diversas fases do ciclo de desenvolvimento do produto. Alguns autores defendem uma BOM 100% correta, enquanto outros definem uma acuracidade de no mínimo 98% (ROZENFELD e OLIVEIRA, 1998). Apesar da discordância quanto à porcentagem de acuracidade da BOM, fica claro que todos concordam que as BOMs devem ser o mais corretas possível.

Outra característica muito discutida é a quantidade de níveis que uma BOM deve possuir. A BOM mais simples de elaborar e manter é a de dois níveis, composta de item final seguido por seu filho (item comprado ou matéria-prima). Porém devido à complexidade de certos produtos, e também da exigência do mercado, as BOMs podem ter vários níveis. Segundo Guess (1995) Apud Rozenfeld e Oliveira (1998), uma BOM de 3 a 5 níveis é suficiente para a maior parte dos produtos manufaturados, de 6 a 8 níveis seria para produtos muito complexos, e acima disto já é considerado exagero e um erro na questão de identificação e na relação de pai/filho entre os componentes de um produto. A BOM mais achatada “dois níveis” deve ser buscada constantemente, porém sem deixar o cuidado de que a BOM deve representar o processo de produção do item e não o contrário (GARWOOD, 1995 Apud ROZENFELD e OLIVEIRA, 1998). Mais poderia ser apresentado sobre este assunto, mas não é o foco deste trabalho. Existem muitas literaturas e trabalhos sobre BOM que podem ser consultadas para um melhor entendimento.

## **4-PROJETO DO PROTÓTIPO DA INTERFACE DE INTEGRAÇÃO.**

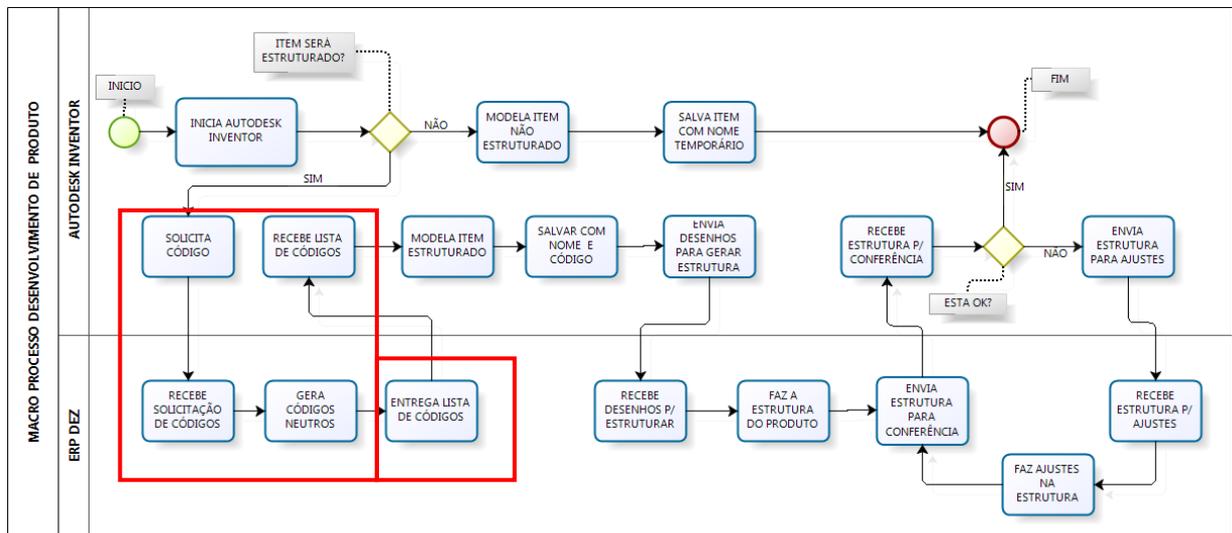
### **4.1-Processo de Desenho de Produto.**

Uma definição precisa do processo de desenho de produto é muito importante para iniciar os estudos de viabilidade de uma integração entre CAD e ERP. A seguir será apresentado o mapeamento atual deste processo utilizando a notação do BPMN, como também do processo que se espera atingir após a implementação do PIIAI-10.

#### **4.1.1-Processo Atual de Desenho de Produto.**

O processo atual de desenho de produto segue dois fluxos básicos: desenho de produto que não será cadastrado/estruturado, e desenho de produto que terá um cadastro/estrutura. O primeiro é uma seqüência de atividades mais curta, pois não há interação nem dependência do sistema ERP. Trata-se basicamente de desenhos demonstrativos. O segundo fluxo trata de desenhos de itens reais que serão usados para compor os produtos finais, necessitando de interação com o sistema ERP. A figura 21 mostra o processo atual. A necessidade de redução das atividades no processo atual é visível. As atividades que mais demandam tempo durante o processo são as de requisição/retorno de códigos, pois muitas vezes o colaborador que executa esta tarefa está ocupado com outras atividades, ou necessita interromper o que está fazendo para gerar os códigos, atrasando também a tarefa que estava fazendo. Outra tarefa que demanda tempo é a estrutura dos itens, que necessita de definição das quantidades (peso) de material, onde é necessário o cálculo manual do peso da matéria-prima utilizada para fabricar determinado item.

Figura 21: Processo de desenho/estruturação de produto atual.

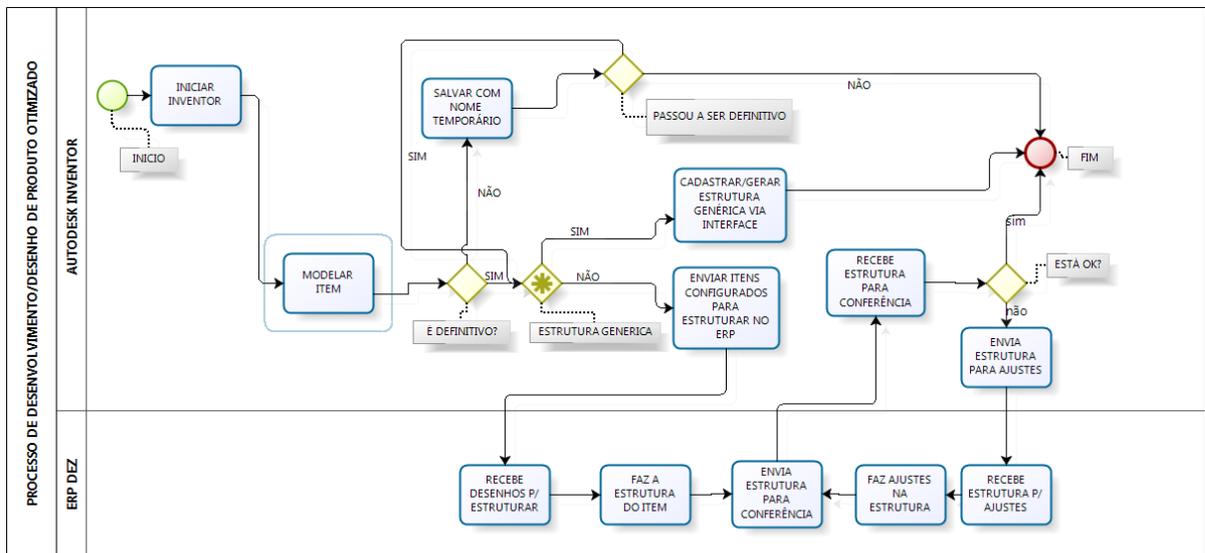


Fonte: o autor.

#### 4.1.2-Processo de Desenho de Produto após implantação da integração.

O processo que se espera alcançar após a implementação do PIIAI-10 também possuirá dois fluxos de atividades. O primeiro fluxo, mais curto, será utilizado para os desenhos demonstrativos que não requerem cadastro/estrutura. O segundo fluxo, mais longo, para os itens que irão compor os produtos, requerendo cadastro/estrutura. A figura 22 mostra o processo otimizado através da implementação do PIIAI-10, sendo que o maior ganho é notado na redução de algumas atividades que requerem interação com o sistema ERP. Devido à limitação do PIIAI-10 mostrada no tópico 4.3.3, será ainda necessário criar as estruturas com itens configurados e opções de escolha através do sistema ERP, sendo mantidas as atividades de interação entre os projetistas e o colaborador do cadastro/estrutura para conferência de estrutura. Em um primeiro momento serão eliminadas as atividades em destaque na figura 21.

Figura 22: Processo de desenho/estruturação de produto otimizado.



Fonte: o autor

As vantagens deste novo processo com a implantação do PIIAI-10 serão:

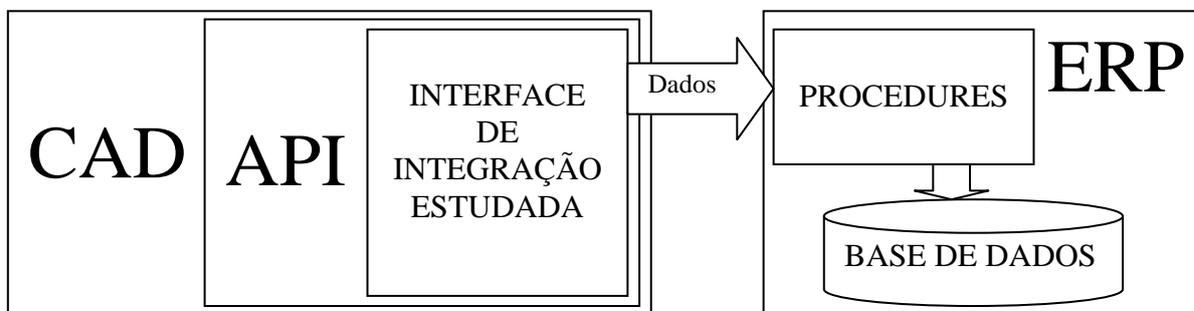
1. Cadastrar e estruturar itens de dentro do ambiente do CAD;
2. Eliminação da necessidade de geração de códigos “neutros”;
3. Cada projetista participará do processo de cadastro/estrutura de itens;
4. Redução no tempo de cadastro/estrutura, devido às informações pré-definidas no CAD.

A técnica de integração por API foi a escolhida para o desenvolvimento do protótipo de interface de integração para este estudo de caso. O objetivo desta integração como citado na introdução, é o de agilizar o processo de cadastro/estruturação de itens, durante o processo de desenvolvimento/desenho de produto. Será feita uma integração unidirecional, sendo que as informações fluirão do CAD para o ERP somente. Os seguintes pontos foram importantes para escolha desta técnica:

- Disponibilidade da API pelo sistema CAD da Empresa Seibt;
- Complexidade de integração de nível baixo, devido à disponibilidade da API e ambiente de programação pelo CAD com um vasto manual de ajuda sobre o VBA;
- Grau de integração de nível baixo: poucas informações serão trocadas.
- Empresa desenvolvedora do ERP contribuirá com a disponibilização de *views* e *stored procedures* para acesso seguro à base de dados.

A figura 23 mostra um desenho do modelo da interface de integração que é estudada neste trabalho.

Figura 21: Desenho do modelo da interface estudada.



Fonte: o Autor.

A seguir são apresentadas, as aplicações específicas envolvidas na integração, como também a API e linguagem de programação disponibilizada pelo CAD, banco de dados e os modos de acessos disponibilizados pelo ERP.

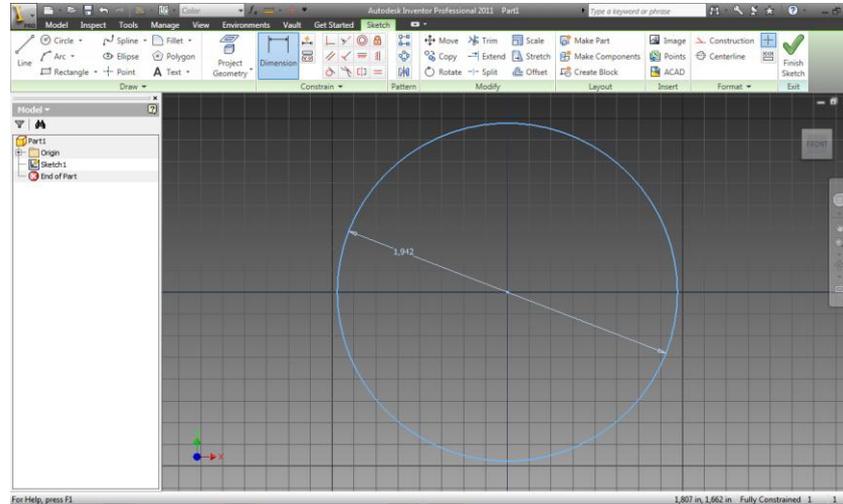
#### 4.2-O Sistema CAD usado pela Empresa Seibt.

O sistema CAD usado na Empresa Seibt é o Autodesk Inventor 2011, produzido e comercializado pela empresa americana Autodesk. O Autodesk Inventor 2011 pertence à família de aplicações destinadas à área industrial e pode ser classificado como um software *middle-end* (ver tópico 3.1.2). O Autodesk Inventor 2011 fornece seis ambientes de desenho, sendo cinco deles em 3D e um em 2D para: desenho de peças, desenho de montagens, desenho de montagens de solda, desenhos de caldeiraria, e desenho para representação, além do ambiente para detalhamento e documentação para a produção.

O ambiente de peças “*Standard.ipf*” é utilizado para a modelagem em 3D de peças individuais, que depois farão parte de alguma montagem, ou submontagem, em componentes intermediários ou finais. Para cada peça modelada, além das dimensões de modelagem, também podem ser atribuídas propriedades físicas, como material da peça, tipo de peça, se é comprada ou fabricada, unidade de medida, entre outros parâmetros e propriedades que forem necessárias. A modelagem inicia-se com um *sketch* de figuras geométricas simples com círculos, retângulos, sextavados, como também de formatos livres usando *splines*, elipses para

se chegar o mais próximo da forma final da peça. A figura 24 mostra o início de desenho de um *sketch* de um círculo com um parâmetro representando o diâmetro da figura.

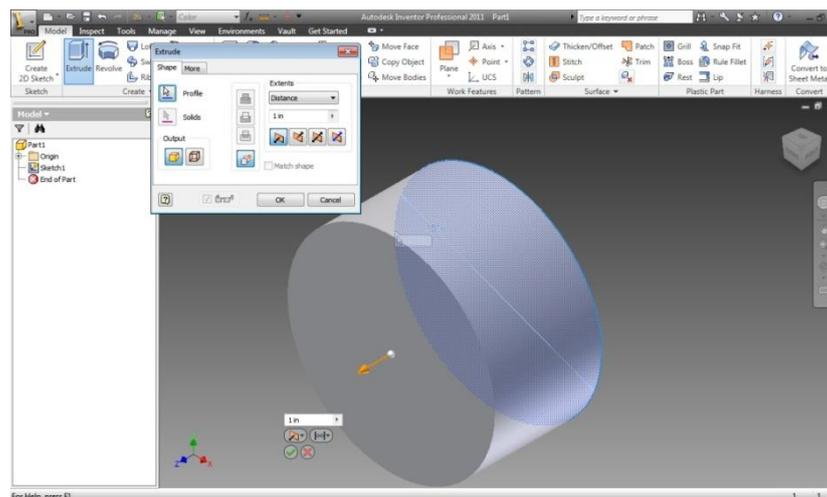
Figura 24: Início da modelagem com *sketch* de um círculo.



Fonte: O Autor.

Após a definição do *sketch* é feita a modelagem através do uso de “*features*”, que são operações de extrusão, revolução, que podem ser positivas ou negativas. A figura 25 mostra a extrusão do *sketch* da figura 24, com um parâmetro de 1in indicando a altura do sólido circular, formando um cilindro.

Figura 25: Extrusão do círculo formando o modelo sólido cilíndrico.

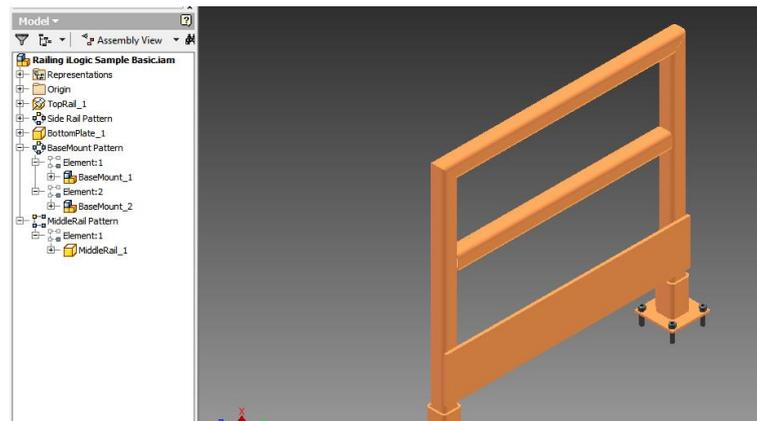


Fonte: O Autor.

O ambiente de montagem “*Standard.iam*” também em 3D, é utilizado para criar as montagens e submontagens de itens e (ou) do produto final. As peças modeladas são inseridas uma a uma neste ambiente, e são criadas relações entre as peças, para definir suas posições e

restrições de movimento entre uma peça e outra. Também é possível inserir outra montagem como uma peça, sendo assim criada uma hierarquia que é registrada na barra lateral esquerda da tela em forma de árvore como no Windows Explorer. Não há limite para o número de peças e outras montagens que podem ser inseridos em um ambiente de montagem. A figura 26 mostra a montagem de um conjunto e sua estrutura em forma de árvore no quadro à esquerda.

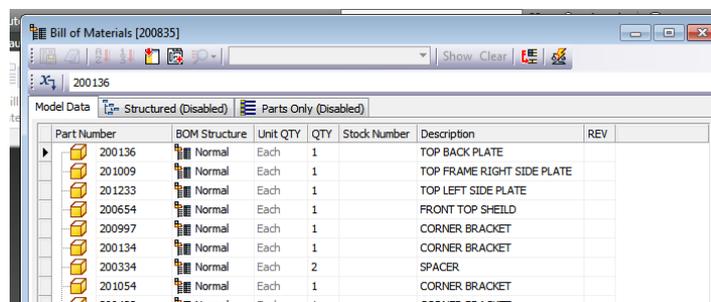
Figura 26: Ambiente de montagem.



Fonte: O Autor.

Ainda dentro deste ambiente é possível acessar a BOM que é fornecida pelo Inventor com base na árvore hierárquica que é definida durante a montagem do conjunto. A figura 27 mostra a BOM de uma montagem com os componentes, características (*normal*, *purchased*, *phantom* ou *reference*), as quantidades de cada item, unidade, e descrição. Outras propriedades podem ser acrescentadas para a BOM conforme necessidade.

Figura 27: BOM (*Bill of materials*), fornecida pelo Autodesk Inventor.



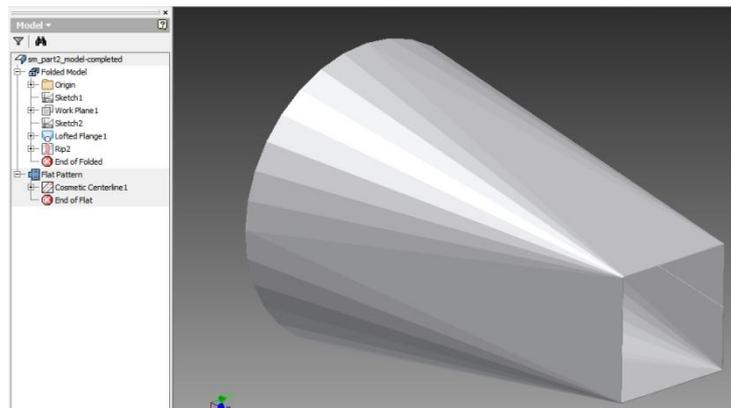
Part Number	BOM Structure	Unit	QTY	QTY	Stock Number	Description	REV
200136	Normal	Each	1			TOP BACK PLATE	
201009	Normal	Each	1			TOP FRAME RIGHT SIDE PLATE	
201233	Normal	Each	1			TOP LEFT SIDE PLATE	
200654	Normal	Each	1			FRONT TOP SHIELD	
200997	Normal	Each	1			CORNER BRACKET	
200134	Normal	Each	1			CORNER BRACKET	
200334	Normal	Each	2			SPACER	
201054	Normal	Each	1			CORNER BRACKET	
200433	Normal	Each	1			CORNER BRACKET	

Fonte: O Autor

O ambiente de desenho de caldeiraria “*Sheet metal.ipt*” é utilizado para criação de peças em chapas que receberão dobras e (ou) curvaturas, cortes e puncionamentos. O princípio de desenho de uma peça neste ambiente é semelhante ao ambiente de peças. As

peças após serem acrescentadas as características de dobras, podem ser planificadas para serem enviadas ao processo de corte laser ou plasma. Também é possível atribuir propriedades específicas para cada peça, como material, regras de dobras entre outras propriedades. A figura 28 mostra uma peça que representa uma transição de quadrado para redondo, modelada em chapa fina dobrada, que posteriormente será planificada, para as operações de corte e dobra.

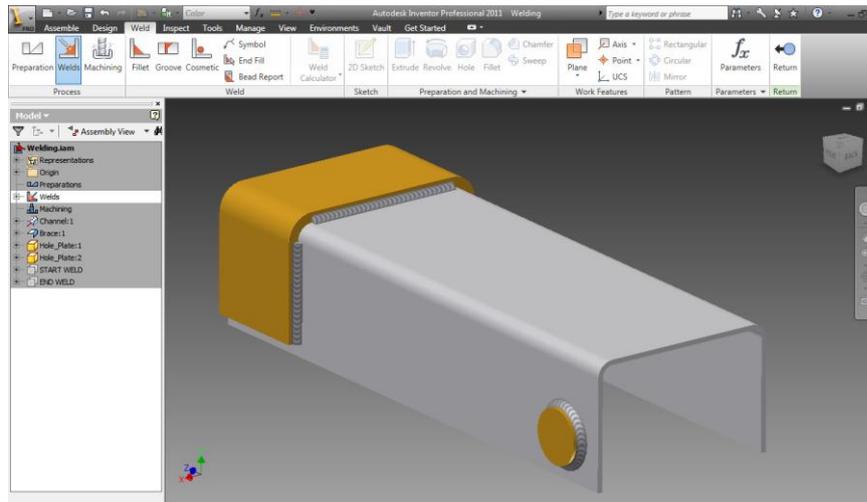
Figura 228: Ambiente de caldeiraria (*sheet metal*).



Fonte: O Autor

O ambiente de montagem de solda “*Weldment.iam*” é semelhante ao ambiente de montagem “*Standard.iam*”. Peças podem ser inseridas ao ambiente de soldagem. O objetivo deste ambiente é criar conjuntos de peças unidas pelo processo de soldagem. Neste ambiente é possível aplicar os principais tipos de junções soldadas, e inserir a simbologia adequada conforme as normas de desenho técnico. Este tipo de montagem é considerado pelo Autodesk Inventor como um item inseparável, que será usado em outra montagem ou que receberá um processo de usinagem para finalização de um item. A figura 29 mostra um conjunto de peças que são unidas pelo processo de soldagem.

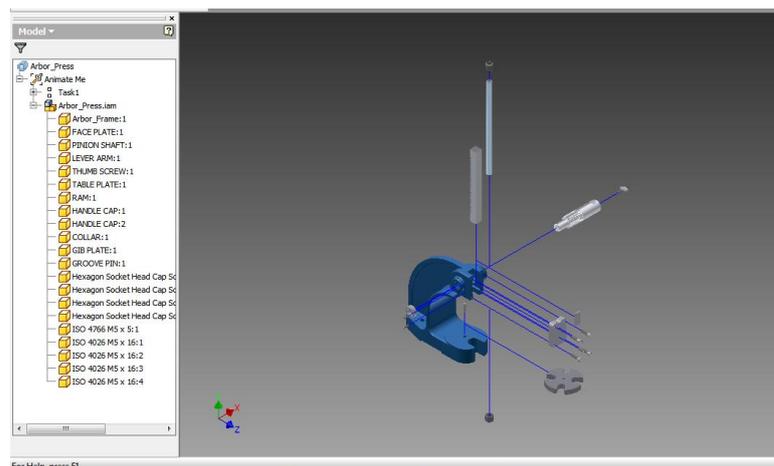
Figura 239: Ambiente de montagem de solda.



Fonte: O Autor.

Outro ambiente interessante é o de apresentação “*Standard.ipn*”. Este ambiente é utilizado para criar desenhos explodidos para auxiliar o processo de montagem de equipamentos complexos, como também é muito útil na elaboração de manuais técnicos. Também é possível criar seqüências de montagens visuais e criação de vídeos que podem ser salvos em vários formatos de vídeos e imagens. A figura 30 mostra um conjunto “explodido”, mostrando a seqüência de montagem de seus componentes.

Figura 30: Ambiente de apresentação.

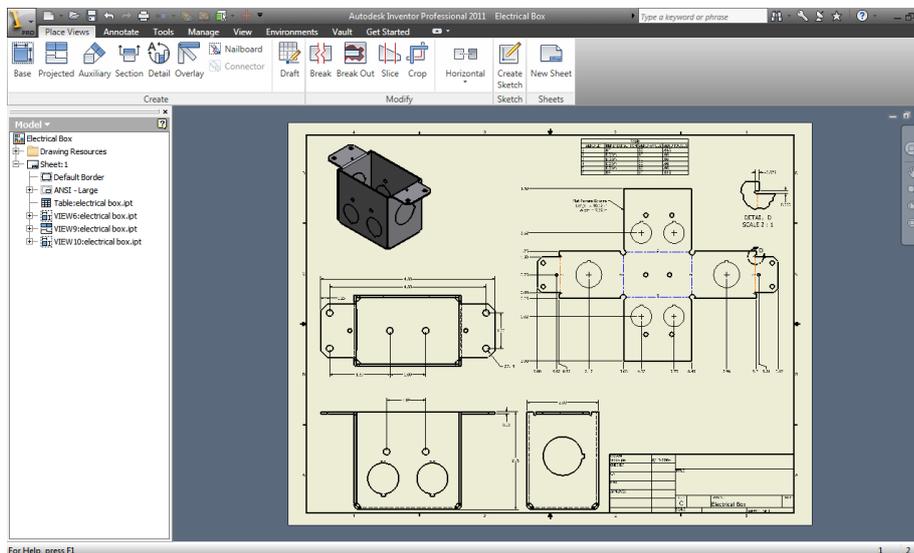


Fonte: O Autor.

O último e não menos importante ambiente fornecido pelo Autodesk Inventor é o “*Standard.idw*”. Este ambiente é utilizado para gerar as folhas de desenhos para produção, com as representações em várias vistas ortogonais e (ou) em perspectivas, com dimensões, tolerâncias e notas necessárias para a fabricação ou montagem dos itens. Neste ambiente além

da representação das formas geométricas das peças/itens também podem ser representadas as listas de materiais com base na BOM gerada no ambiente de montagem. A figura 31 mostra uma folha de detalhamento de orientação para fabricação da peça.

Figura 31: Ambiente de documentação para produção.



Fonte: O Autor.

O Autodesk Inventor oferece ainda muitas outras funcionalidades, não descritas aqui por não fazerem parte direta das funcionalidades que serão usadas na elaboração desta interface de integração. No próximo tópico será apresentado o ambiente interno de programação fornecido pelo Autodesk Inventor. Este ambiente será utilizado para o desenvolvimento desta interface de integração.

#### 4.2.1-API Fornecida Pelo Autodesk Inventor 2011.

O Autodesk Inventor é um aplicativo CAD de característica genérica, ou seja, é destinado a uma grande variedade de empresas nos mais diversos setores industriais, construção civil, medicina, odontologia entre outros. Devido a esta característica, as funcionalidades disponíveis visam atender da melhor forma, a todas as necessidades nas mais diversas situações. Claro que esse atender a “todas” as necessidades é impossível de se obter, por melhor que seja a aplicação, por mais funcionalidades que ela possua. Com o propósito de dar aos seus clientes e usuários uma opção de obter funcionalidades mais específicas e

pontuais, a Autodesk tem disponibilizado no Inventor uma API que permite a usuários avançados e com conhecimento em programação, acrescentar e (ou) automatizar, operações específicas, que venham a atender as necessidades de cada organização, para o melhor aproveitamento da aplicação. Junto com a API também é disponibilizado um vasto manual de referência, contendo desde a introdução ao uso da API até as funcionalidades mais avançadas.

Além da possibilidade de acrescentar e (ou) automatizar tarefas internas no Autodesk Inventor através da API fornecida, também é possível prover meios de integrar o Autodesk Inventor com outras aplicações da empresa como ERP, PDM, NC. E o objetivo deste trabalho é justamente explorar o uso desta API para integrar o Inventor com o ERP da empresa. No próximo tópico serão apresentadas as maneiras de acesso, e uso da API fornecida.

#### **4.2.2-Tipos de Acesso à API do Autodesk Inventor 2011.**

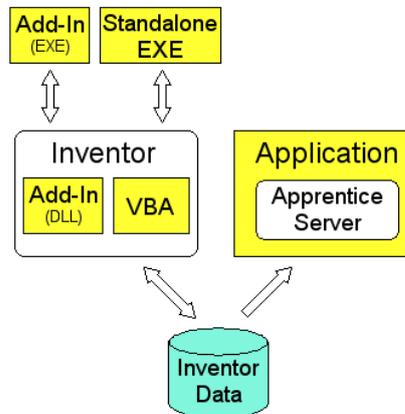
Existem cinco maneiras de acessar a API do Autodesk Inventor, sendo três externas: *Add-in (exe)*, *Aplicações executáveis".exe"*, e *Apprentice Server*; e duas internas: *Add-in (DLL)*, e VBA. Somente será abordada a maneira que utiliza o ambiente de programação VBA, que roda no mesmo processo de uma sessão do Autodesk Inventor. Há três vantagens do uso desta abordagem, que são:

- O ambiente de programação VBA vem junto com o Autodesk Inventor, não necessitando da aquisição de outra ferramenta de desenvolvimento;
- É possível empacotar programas VBA junto com documentos do Autodesk Inventor;
- Os programas em VBA rodam no mesmo processo da sessão do Autodesk Inventor, aumentando consideravelmente o desempenho.

As outras formas de acesso têm suas vantagens, mas elas não fazem parte do contexto deste trabalho. As formas de acesso externas como a designação já diz, não possuem acesso direto à aplicação CAD além de tornar a implementação mais complexa. A forma de acesso interna Add-in, possui acesso direto à aplicação CAD, mas não será utilizada devido ao pouco conhecimento deste ambiente pelo autor. A figura 32 mostra as formas de acesso à API do

Autodesk Inventor 2011, sendo que duas formas Add-In (DLL) e VBA são internas do Inventor, e as demais acessam de origens externas.

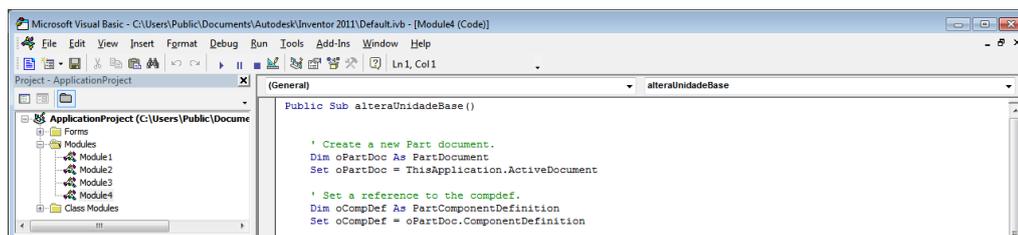
Figura 24: Formas de Acesso à API do Autodesk Inventor.



Fonte: Autodesk Inventor 2011 COM API Reference.

Os programas VBA (Visual Basic for Applications) não são programas executáveis, eles sempre rodam de dentro de uma aplicação, no caso, o Autodesk Inventor. Como no Visual Basic, o ambiente VBA permite a criação de módulos, módulos de classes e Forms. Esses componentes ficam contidos em projetos, porém, como o VBA não gera programas executáveis, os projetos são simples containers de módulos que podem ou não conter funcionalidades relacionadas. O VBA do Autodesk Inventor suporta três tipos de projetos: projetos de documentos, armazenados nos documentos CAD possuindo acesso direto aos objetos do documento onde está presente; projetos de aplicação, armazenados em arquivos externos, possuem acesso a qualquer documento carregado na aplicação CAD, e são carregados junto com a aplicação; e projetos do usuário, também armazenados em arquivos externos, porém necessitam ser carregados em tempo de execução, em um projeto de documento ou projeto de aplicação. A figura 33 mostra fragmento de tela do ambiente de programação VBA fornecido pela API do Autodesk Inventor 2011.

Figura 253: Tela do ambiente de programação VBA.



Fonte: O Autor.

Dentro do ambiente do VBA a pasta *Forms* contém as telas da aplicação, na pasta *Modules* podem ser criadas rotinas e funções que podem ser acessadas pelos outros objetos do projeto. Na pasta *Class Modules*, são criadas as classes dos objetos da aplicação.

#### 4.2.3-A BOM Fornecida pelo Autodesk Inventor 2011.

A BOM fornecida pelo Autodesk Inventor 2011 é uma tabela com informações sobre peças dentro de uma montagem. Apresenta uma estrutura de árvore, idêntica à do ambiente de montagem mostrada anteriormente. As informações da BOM são obtidas das propriedades dos componentes (arquivos) contidos na montagem, essas propriedades são: código (*Part Number*), quantidade, unidade, descrição, entre outras informações que podem ser acrescentadas conforme a necessidade. A BOM do Autodesk Inventor fornece cinco tipos de componentes, são eles:

- *Normal*: são considerados como itens fabricados;
- *Purchased*: são os itens comprados como, parafusos, porcas, rolamentos etc.;
- *Phantom*: são os itens fantasmas, discutidos no tópico 3.3.2;
- *Reference*: itens usados como referência, e não são relacionados nas listas de materiais, nem tem suas quantidades calculadas pela BOM;
- *Inseparable*: itens que são compostos de peças soldadas, e (ou) unidos por um processo de colagem, rebitagem, ou prensagem que sofrem dano para serem separados;

Como citado anteriormente a BOM é o ponto principal em uma integração entre um sistema CAD e ERP, pois ela representa a estrutura do produto no ambiente CAD. Atualmente a BOM fornecida pelo Autodesk Inventor na Empresa Seibt não é tratada como

um meio de integração entre o CAD e ERP. Nesta versão do protótipo de interface de integração que será estudado e implementado, não será usada somente a BOM como fonte principal de informação. Porém as informações principais a serem passadas para o ERP também serão obtidas das propriedades dos documentos de desenho dos itens, e definidas pelo projetista no momento em que está desenhando/atualizando o componente.

#### **4.3- O Sistema ERP usado pela Empresa Seibt.**

O ERP usado pela Empresa Seibt é o sistema de gestão “DEZ” da Empresa Informática de Caxias do Sul. É um software desenvolvido em ambiente Oracle, utilizando os Forms disponibilizados pela plataforma Oracle. Utiliza como base de dados o SGBD Oracle 10i, que roda em um servidor Linux Red Hat. A Empresa Decisão Informática tem um contrato de manutenção/atualizações do sistema ERP com a Empresa Seibt. O sistema ERP “DEZ” não possui funcionalidades para integração com algum sistema CAD, isto se deve mais ao fato de que cada cliente ter necessidades de integração diferentes, aumentando consideravelmente as dificuldades e o custo de desenvolvimento e manutenção destes módulos de integração.

#### **4.4-Requisitos gerais do protótipo de interface de integração CAD e ERP.**

Sendo o objetivo principal deste estudo de caso propor um protótipo de interface de integração entre o CAD e ERP da Empresa Seibt, com o objetivo específico de agilizar o processo de cadastro/estrutura do produto durante seu desenvolvimento, os requisitos gerais podem ser definidos como: permitir que o projetista/engenheiro possa cadastrar e estruturar os itens desenhados, sem ter que acessar o ambiente do ERP.

Para facilitar a referência, a denominação do Protótipo de Interface de Integração entre Autodesk Inventor 2011 e o ERP “DEZ”, será (PIIAI-10). A seguir serão apresentados os requisitos funcionais e não funcionais em maiores detalhes, como também as limitações/restrições do PIIAI-10.

#### 4.4.1-Requisitos Funcionais.

- a) O PIIAI-10 deverá possibilitar o cadastramento de itens no sistema DEZ, de dentro do ambiente do Autodesk Inventor 2011.
  - Ao fazer cadastro do item, o PIIAI-10 deverá retornar o código do item cadastrado para ser atribuído ao *part number* do arquivo CAD.
  - O item poderá ser cadastrado com classificação neutra;
  - A descrição do item poderá ser alterada via PIIAI-10;
  
- b) Após o item ser desenhado e cadastrado, o usuário deverá ter a opção de gerar a estrutura do item, acrescentando um item filho ao item, e enviar ao banco de dados do sistema DEZ.
  - Somente itens salvos e cadastrados poderão ser estruturados.
  - O item deverá ter uma classificação diferente de “neutro”;
  
- c) O PIIAI-10 deverá permitir que o desenho do item seja salvo no CAD sem ter sido estruturado, se o usuário quiser, para ser estruturado posteriormente.
  - Quando o usuário abrir um desenho de item que tenha um código atribuído (*part number*), e tentar gerar a estrutura do item, o PIIAI-10 deverá verificar através do código, se a estrutura do item já existe ou não, caso já exista, uma mensagem de aviso deverá ser emitida ao usuário, indicando a existência da estrutura. Caso não exista estrutura do item, o PIIAI-10 irá gerar a estrutura do item.
  
- d) O PIIAI-10 deverá permitir a alteração de estruturas existentes (Ver tópico: Limitações e restrições), possibilitando a troca, exclusão e inserção de itens filho na estrutura do item pai, como também alterar as quantidades, de cada item filho na estrutura do item pai.

#### 4.4.2-Requisitos não Funcionais.

O PIIAI-10 deverá:

1. Rodar dentro de uma sessão do Autodesk Inventor;
2. Fornecer telas apropriadas para cada operação sendo: cadastro de itens, estrutura de itens;
3. Ser intuitivo e de fácil acesso;
4. Tratar erros de acesso e operação, evitando o travamento das aplicações envolvidas;

#### 4.4.3-Limitações e restrições.

Restrições/Limitações do PIIAI-10:

- Os requisitos funcionais do tópico 4.3.1(d) serão implementados nesta primeira versão do PIIAI-10, com a restrição de que somente itens com estrutura genérica serão estruturados. Itens sem estruturas poderão ser alterados via PIAII-10.
- O PIIAI-10 só permitirá alterar a descrição do item, devido ao problema de que itens que já foram movimentados no sistema, não poderem ter a classificação e tratamento alterados.

#### 4.5-Definição dos Métodos de Acesso entre os Sistemas.

Os métodos de acesso entre o CAD e o ERP serão os seguintes:

Do lado do Inventor será utilizado a API disponível, da qual será usado o ambiente de programação VBA, para gerar os programas. Para acessar a base de dados Oracle do ERP, será usado o *driver* desenvolvido pela própria SUN conhecido como OO4O (*Oracle Objects For OLE*), que é uma solução específica para acesso às bases de dados Oracle, através de tecnologias, Visual Basic, VBA, ASP, Aplicativos Office, e aplicativos da linguagem C/C++. (ALMEIDA). A figura 34 mostra um trecho de código em VBA utilizando métodos OO4O para acessar uma base de dados Oracle.

Figura 34: Função de acesso a uma base de dados Oracle.

```
Dim oraConOdc As OraSessionClass
Dim oraDb As OraDatabase
Dim oraDSet As OraDynaset

Public Function conectar() As OraDynaset
On Error GoTo err_conectar

Set oraConOdc = CreateObject("OracleInProcServer.XOraSession")
Set oraDb = oraConOdc.OpenDatabase("127.0.0.1:1521/xe", "ariovaldo/123456", 0)
Set oraDSet = oraDb.DbCreateDynaset("Select nome,cpf From cadastro_contratados", 0&)

If Not IsNull(oraDb) Then
    Set conectar = oraDSet
Else
    Set conectar = Nothing
End If
|
exit_conectar:
Exit Function
err_conectar:
MsgBox (Err.Description)
Set conectar = Nothing
Resume exit_conectar

End Function
```

Fonte: O Autor.

Do lado do ERP o acesso será disponibilizado através de “views” fornecidas pela empresa desenvolvedora da aplicação. Este método foi uma exigência do fornecedor do ERP para garantir a integridade da base de dados. As “views” têm *triggers* associados que são disparados a cada comando SQL, *insert*, *update*, e *delete* que ocorre na “view”. Esses *triggers* são responsáveis pela validação dos dados antes de serem inseridos/atualizados/deletados na tabela original. A figura 35 mostra uma “view” que será disponibilizada pelo fornecedor do ERP.

Figura 35: View Estrutura do Item

COLUMN_NAME	DATA_TYPE	NULLABLE	DATA_DEFAULT	COLUMN_ID	COMMENTS	INSERTABLE	UPDATABLE	DELETABLE
CD_EMPRESA	NUMBER (2, 0)	No	(null)	1 (null)		YES	YES	YES
CD_FILIAL	NUMBER (2, 0)	No	(null)	2 (null)		YES	YES	YES
CD_ITEM_PAI	VARCHAR2 (15)	No	(null)	3 (null)		YES	YES	YES
SO_ESTRUTURA	NUMBER (4, 0)	No	(null)	4 (null)		YES	YES	YES
CD_ITEM_FILHO	VARCHAR2 (15)	No	(null)	5 (null)		YES	YES	YES
CD_CENTRO_TRABALHO	VARCHAR2 (6)	No	(null)	6 (null)		YES	YES	YES
QT_BRUTA	NUMBER (22, 8)	Yes	(null)	7 (null)		YES	YES	YES

Fonte: O Autor.

#### 4.6-Alinhamento entre Informações do CAD e Estrutura de Produto do ERP.

O alinhamento das informações entre o CAD e ERP é um ponto muito importante para o sucesso da integração entre as duas aplicações. Quais informações são necessárias para o cadastro e estrutura de um item no ERP? Quais informações o CAD fornece? Como essas informações serão obtidas do CAD? Estas questões serão discutidas e respondidas na sequência. A tabela 1 apresenta as informações requeridas pelo ERP e as informações obtidas do CAD e (ou) do PIIAI-10.

Tabela 1: Alinhamento de Informações do ERP e CAD.

ERP				CAD/PIAI-10/SISTEMA	
View	Campo	Tipo	Null	Origem	Tipo
	cd_item	varchar2 (15)	Não	CAD Propriedade: <i>part number</i> /Project	number
	cd_unidade_me dida_padrao	varchar2 (2)	Não	CAD Propriedade: Unidade/Custom	texto

v_item	dt_inclusao	date	Não	Sistema Data corrente	date
	dt_alteracao	date		Sistema Data corrente	date
	ds_sintetica	varchar2 (60)	Não	CAD Propriedade: Description/Project	texto
	ds_tecnica	varchar2 (400)	Não	PIIAI-10 usuário	texto
	in_tratamento	varchar2 (2)	Não	CAD Propriedade: BOM Structure “Purchased” no CAD= “Normal” no ERP “Nomal” no CAD = “Lote” no ERP	texto
	cd_almoxarifad o_principal	number (4)	Não	PIIAI-10 Usuário	number
	cd_campo01	number(3,0)	Não	PIIAI-10	number
	cd_campo02	number(3,0)	Não	PIIAI-10	number
	ca_campo03	number(3,0)	Não	PIIAI-10	number
v_estrutura	cd_empresa	number (2)	Não	PIIAI-10 Padrão=1	number
	cd_filial	number (2)	Não	PIIAI-10 Padrão=1	number
	cd_item_pai	number (15)	Não	CAD Propriedade: Part number/Project	number
	sq_estrutura	number (4)	Não	PIIAI-10 (sequência de 10 em 10)	number
	sq_configuracao	number (4)	Não	PIIAI-10 (sequência de 10 em 10)	number
	cd_item_filho	varchar2(15)	Não	CAD Propriedade: Codmat/Custom	texto
	pc_perda	number (6,3)		PIIAI-10	number
	cd_centro_traba lho	varchar2 (6)	Não	CAD Propriedade : Cost Center/Project	texto
	in_generico	varchar2 (1)	Não	PIIAI-10 Padrão= G	texto
	In_baixa	varchar2(3)	Não	PIIAI-10 Valores = (EST, NOR, ETA)	texto
	comprimento	number (10,5)		CAD Parâmetro: “comprimento”	number
	largura	number (10,5)		CAD Parâmetro: “largura”	number
	altura	number (10,5)		CAD Parâmetro: “espessura”	number
	qt_liquida	number (22,8)	Não	CAD BOM: item quantity	number
	qt_bruta	number (22,8)	Não	Propriedade: matQuant	number
	in_alternativo	varchar2(1)	Não	PIIAI-10 Valores (S,N)	texto
	ds_observacao	varchar2(400)		PIIAI-10	texto
	dt_validade	date		PIIAI-10	date

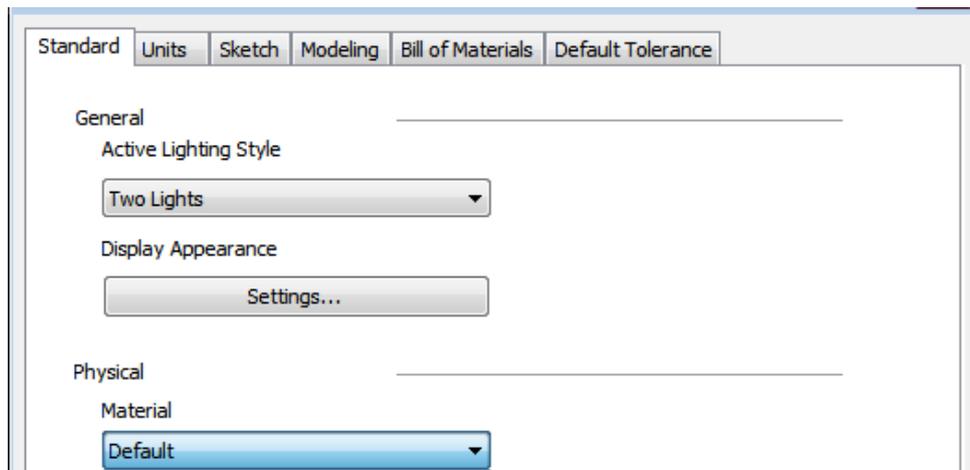
	in_fantasma	varchar2(1)	Não	CAD BOM Structure: "Phantom" Valores (S,N)	texto
--	-------------	-------------	-----	--	-------

Fonte: O Autor.

Para garantir o alinhamento das informações do CAD com as necessidades de informações do ERP, é necessário que a maneira de modelagem dos itens no Autodesk Inventor, e as propriedades dos documentos do CAD que serão usadas, sejam redefinidas, diminuindo com isso a necessidade de digitação pelo usuário. Para melhor esclarecer estas redefinições, é necessário antes, apresentar a maneira atual da modelagem dos itens, e o tratamento dado às propriedades dos arquivos CAD.

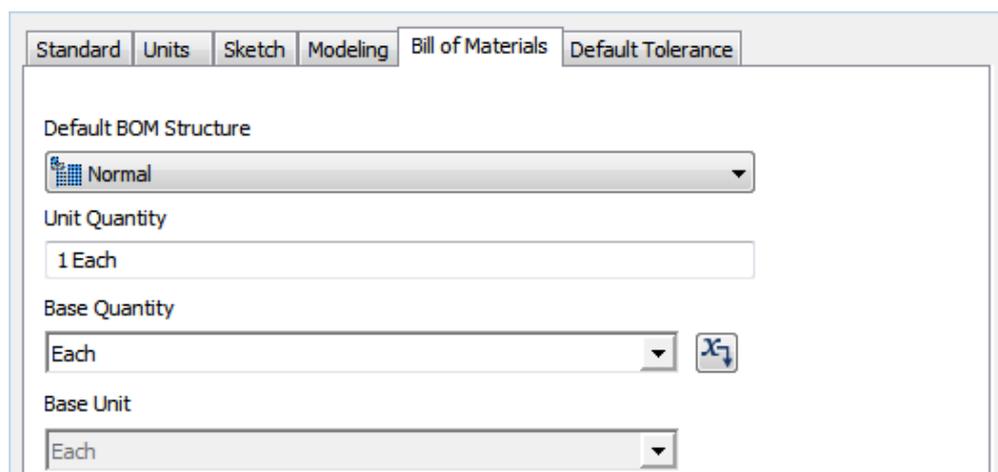
Normalmente a modelagem de um item inicia com o usuário criando um novo documento baseado no *template* "Standard.ipt", conforme explicado no tópico 4.1. Neste ambiente de modelagem, o primeiro passo é a criação de um *sketch* com o perfil do item a ser modelado, ou uma forma aproximada do formato final do item. A seguir o usuário utiliza uma das "features" disponíveis (extrusão, revolução, furos, transições e etc.) para gerar o modelo. Conforme a complexidade do modelo, segue-se uma sequência de novos *sketches* e novas *features*, até que se chegue à conclusão do modelo final (item pronto). O usuário então salva o modelo e o nomeia com uma descrição composta de "código-NOME DO COMPONENTE.ipt". Por padrão o Autodesk Inventor define o material (propriedade física) de um item como "default", que possui peso específico igual a um (1). Também a propriedade *part number* é definida no salvamento com a mesma descrição do nome do arquivo. Outras propriedades definidas são referentes à BOM, por padrão, o item é definido como "Normal", que no Autodesk Inventor representa itens fabricados; a "Unit Quantity" que é a unidade de medida multiplicada pela quantidade do componente; "Base Quantity" e "Base unit" que são definidas por padrão como "each" (cada). As figura 36 e 37 mostram as propriedades física e de BOM, definidas por padrão, de um documento "Standard.ipt", respectivamente.

Figura 36: Propriedade Física "Material".



Fonte: O autor.

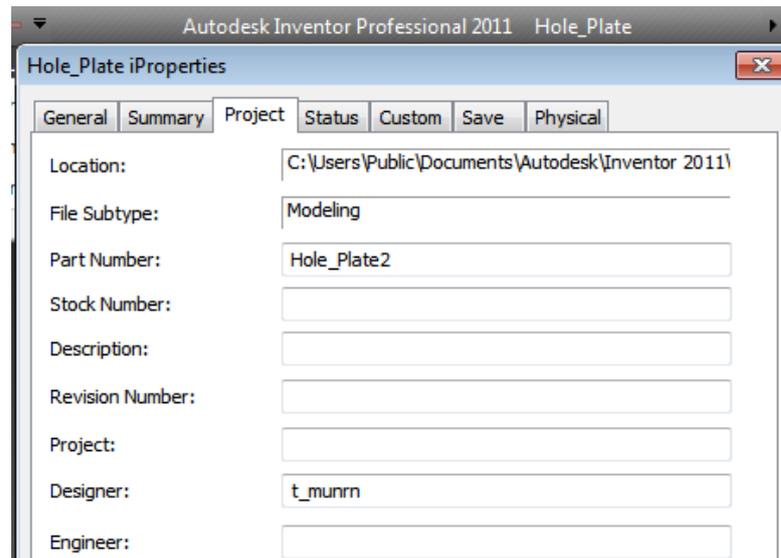
Figura 267: Propriedades de BOM do documento.



Fonte: O Autor.

Além dessas propriedades padrão, podem ser definidas outras, como: nome do desenhista, nome do engenheiro, data de criação, projeto onde é usado entre outras. Todas essas propriedades podem ser redefinidas pelo usuário para se adequarem às características reais do item. A figura 38 mostra a folha de propriedades de um arquivo “*Standard.ipf*”, onde pode ser visto, a propriedade “*part number*” que por padrão, recebe a descrição do nome do arquivo no primeiro comando de “salvar”.

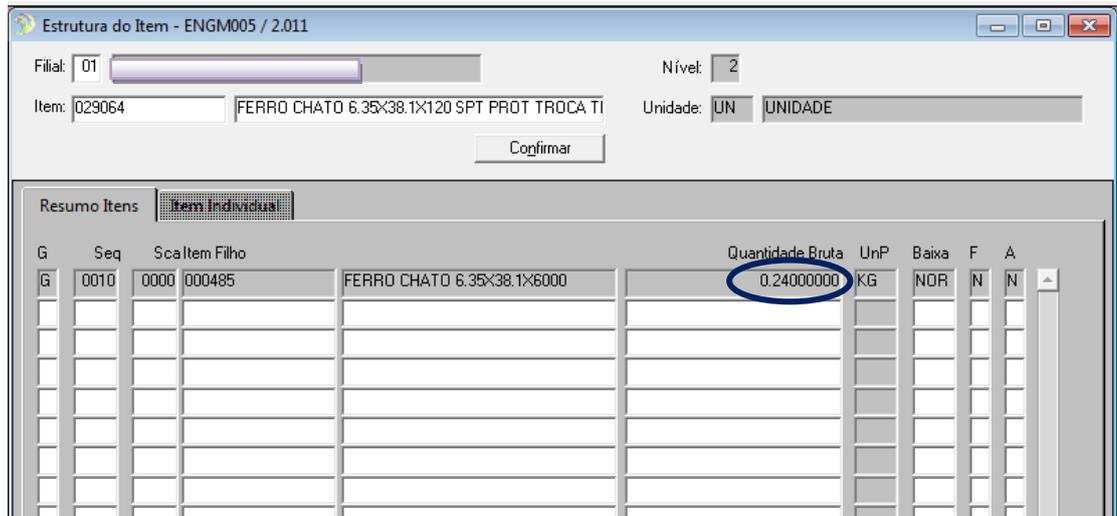
Figura 3827: Propriedades de um arquivo "Standard.ipt".



Fonte: O Autor.

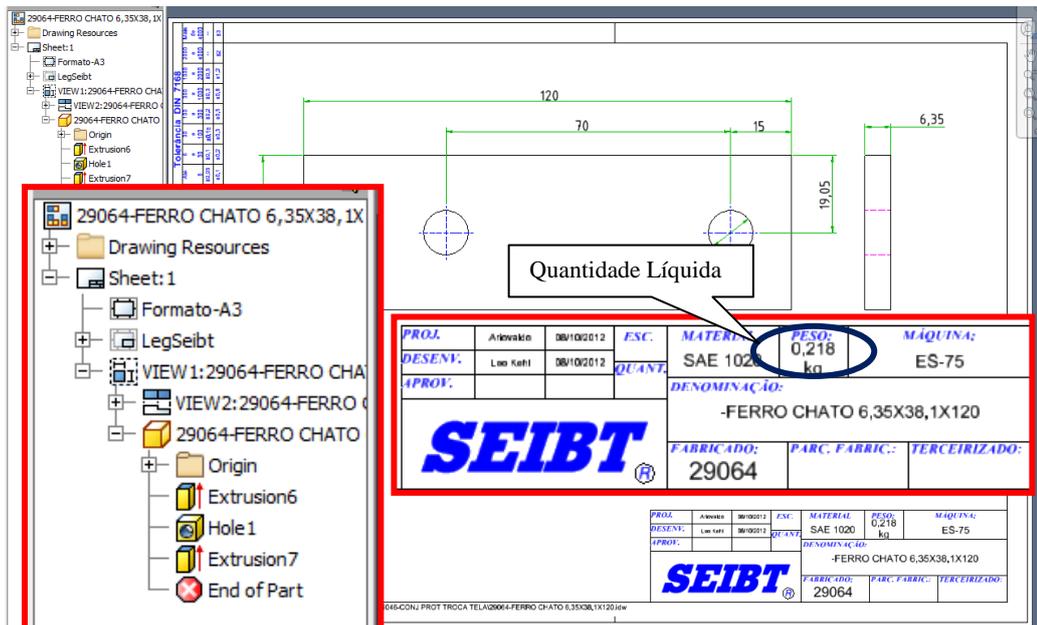
O problema de alinhamento da modelagem do Autodesk Inventor com o ERP se encontra no fato dos documentos “*Standard.ipt*” não possuírem uma BOM como acontece com os documentos de montagem “*Assembly.iam*”. Isto acontece porque não é possível representar fisicamente (modelar) no CAD a matéria-prima do item, impossibilitando os itens “*ipt*” desenhados no Autodesk Inventor de possuírem uma matéria-prima como item filho. Já no ERP, cada item fabricado possui “filhos”, seja outro item fabricado, outra montagem, matéria-prima comprada, ou um item comprado (parafuso, porca, arruela, etc.). O problema de atribuir uma matéria-prima como item filho para um item fabricado é contornado atualmente de forma manual, pelo colaborador que faz o cadastro/estrutura no ERP. De posse dos desenhos detalhados, ele define a matéria-prima de cada item fabricado com base nas propriedades: dimensões do item, tipo de material, e quantidade usada. Na figura 39 é mostrado um fragmento de tela de estrutura de item do ERP, onde é apresentado um item com, o código, descrição, unidade e nível. Este item possui um item filho que é a matéria-prima, apresentada na guia “Resumo de Itens”, onde aparecem as informações da estrutura como, código, descrição, quantidade, unidade entre outras. Na figura 40 é mostrada a tela do CAD com a folha de desenho do mesmo item, onde é possível observar que não existe nenhuma referência de matéria-prima (item filho) no desenho. O colaborador que faz o cadastro do item no ERP necessita do desenho, para então definir as dimensões e quantidades brutas de material necessário para a fabricação do item.

Figura 28: Estrutura de um item no ERP.



Fonte: O Autor.

Figura 29: Tela do CAD com folha de desenho de item.

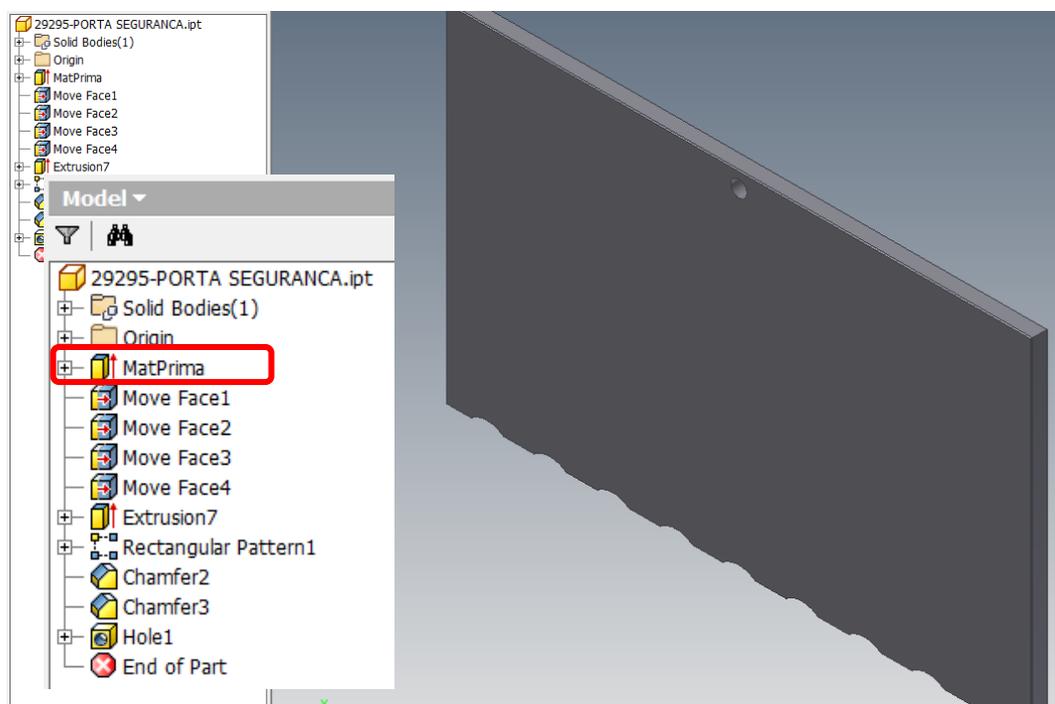


Fonte: O Autor.

Para permitir que um item modelado no CAD “ipt” tenha uma matéria-prima ou um item comprado como item filho, inicialmente serão criados vários *templates* do tipo “ipt”, representando vários tipos de matérias-primas como (chapa, ferro chato, ferro redondo, cantoneiras, sextavados entre outras). Cada *template* será criado com um pré-modelo do tipo

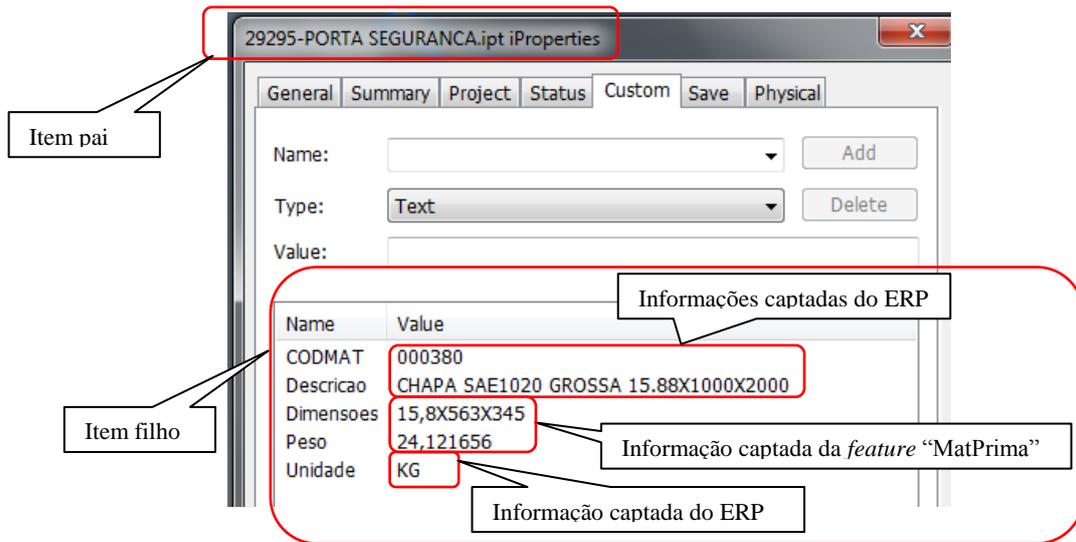
de matéria-prima, contendo uma primeira *feature* com a descrição de “MatPrima”. Esta primeira *feature* conterá os parâmetros básicos, que serão usados para definir as dimensões e quantidade da matéria-prima do item. Esta *feature* também será utilizada como um “item filho” para o item que será criado com base no *template* da matéria-prima escolhido. As informações da matéria-prima serão armazenadas nas propriedades pré-definidas no *template*, na guia “*Custom*” na folha de propriedades do arquivo, que são: CODMAT, Descrição, Dimensões, Peso, e Unidade. A figura 41 mostra uma peça que foi modelada a partir de um *template* de “CHAPA.ipt”, com a primeira *feature* “MatPrima” sendo definida pelos parâmetros de “ESPESSURA”, “LARGURA” e “COMPRIMENTO”. As *features* seguintes definem a geometria final da peça, retirando material através de usinagens, furos e recortes. A figura 42 mostra a folha de propriedades com a guia “*custom*”, onde aparecem as propriedades pré-definidas no *template* “CHAPA.ipt”. A figura 43 mostra a folha de desenho, onde é possível ver a referência à matéria-prima da peça na lista de materiais acima da legenda da folha.

Figura 30: Tela do CAD com modelagem de item com matéria-prima pré-definida.



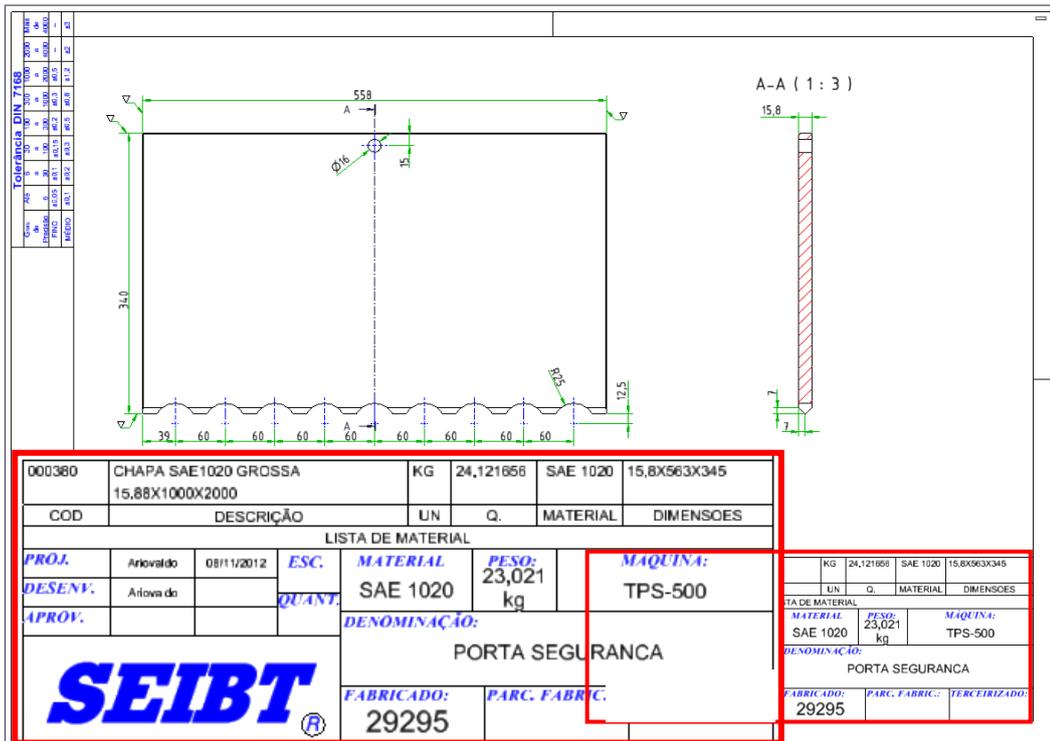
Fonte: O Autor.

Figura 31: Folha de propriedade - Guia *Custom* com informações da matéria-prima.



Fonte: O Autor.

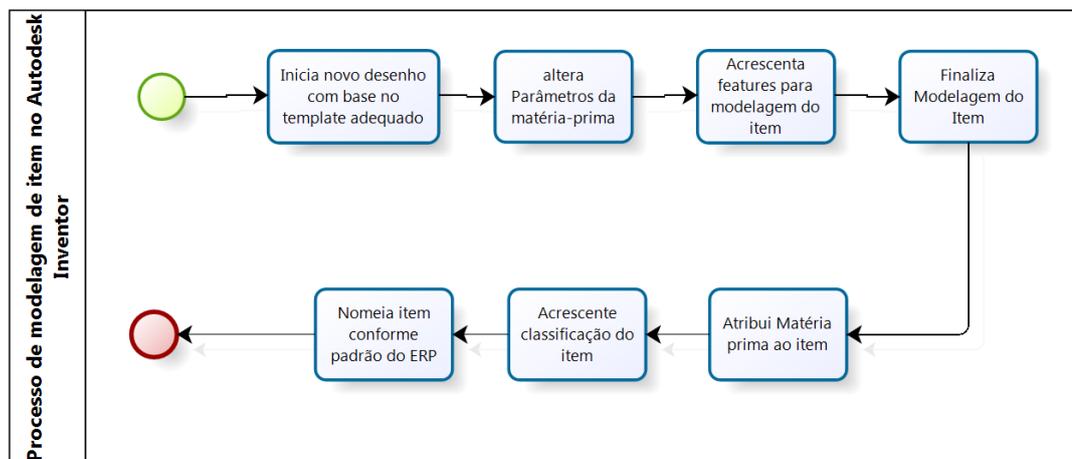
Figura 32: Tela CAD com folha de desenho de peça com item filho.



Fonte: O Autor.

Nesta nova definição de modelagem, o usuário vai iniciar o desenho do item com um *template* da matéria-prima adequada ao item que ele irá modelar. O projetista então define as dimensões da matéria-prima, alterando os parâmetros da primeira *feature* nomeada de “MatPrima”. A partir deste ponto o projetista irá acrescentar as *features* necessárias para a modelagem do item, não alterando mais a primeira *feature*. O projetista nomeia o item conforme a nomenclatura padronizada do ERP escolhe a matéria-prima do item de uma lista apresentada pelo PIIAI-10, e faz o cadastro do item. O código retornado é atribuído à propriedade *part number* do arquivo CAD, em seguida o arquivo pode ser salvo. O projetista terá a opção de salvar o arquivo sem atribuir a matéria-prima (item filho) ao item, o que poderá ser feito posteriormente, mas o PIIAI-10 não permitirá estruturar um item sem uma matéria-prima atribuída ao item. A figura 44 mostra o modelo deste processo de desenho redefinido no qual é representada especificamente a atividade de “Modelagem do Item”, mostrada na figura 21. Nesta atividade, além da modelagem do item, também são atribuídas propriedades e informações a serem passadas ao ERP, não representadas no fluxo.

Figura 33: Processo de Modelagem de Item alinhado com estrutura do ERP.



Fonte: O Autor.

#### 4.7- Modelagem da Aplicação.

Para definição da arquitetura do PIIAI-10 será usada a linguagem visual UML (*Unified Modelling Language*) para gerar os diagramas de casos de usos, diagramas de classes, diagramas atividades e diagramas de sequências que representarão os requisitos

levantados. Os diagramas serão desenvolvidos no software *ASTA Community 6.2.1 Versão 33*. Os casos de uso seguirão o modelo completo segundo LARMAN (2007).

#### 4.7.1- Diagrama de Classes.

Para atender os requisitos levantados, foram definidas quatorze classes, sendo que uma delas, representa o documento CAD (definida na aplicação CAD) com todos seus métodos, propriedades e interfaces. As classes definidas e suas respectivas funcionalidades são descritas na tabela 2:

Tabela 2: Classes e funcionalidades.

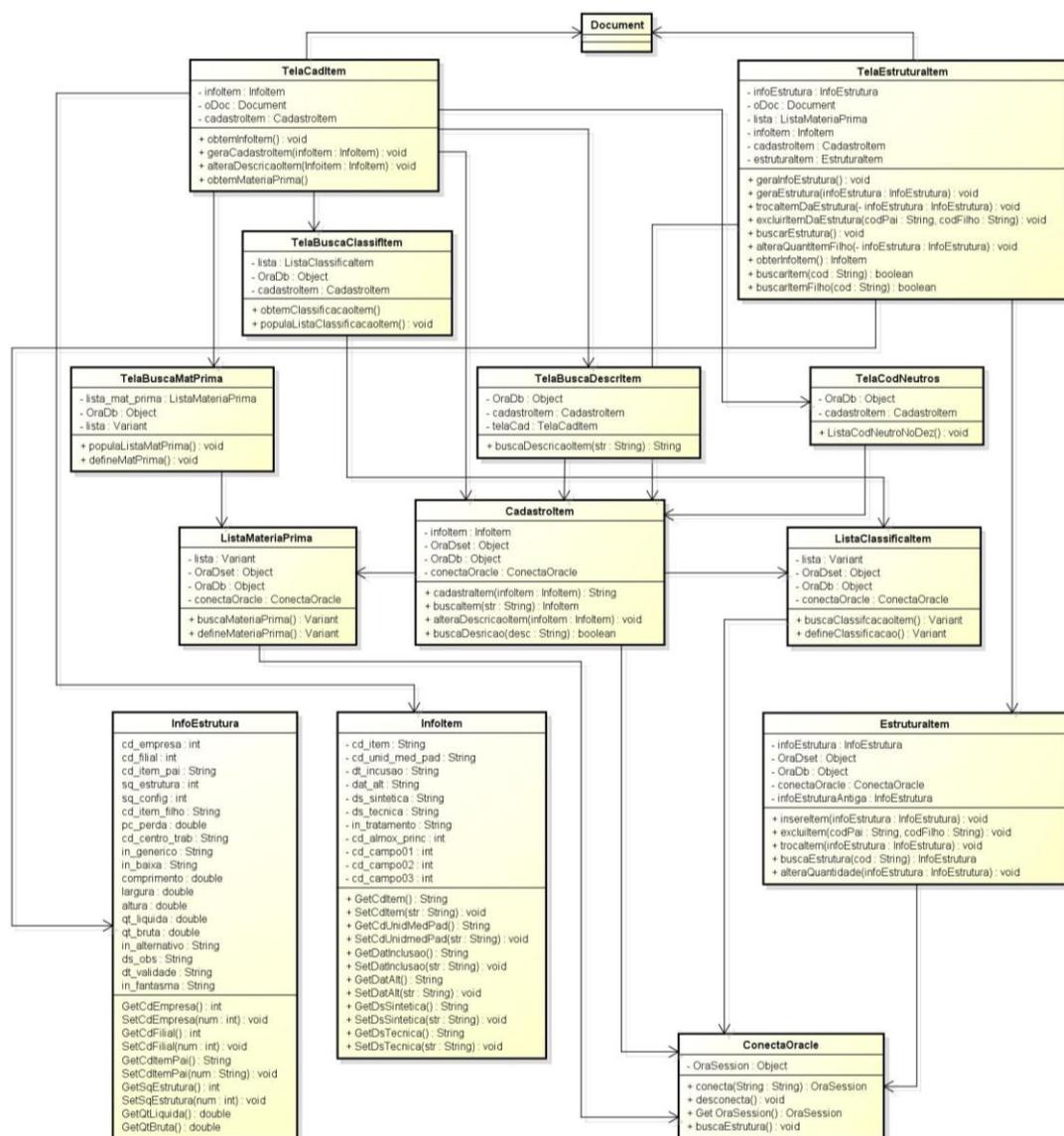
CLASSE	TIPO	FUNCIONALIDADE
Document	Documento CAD	Disponibilizar acesso às propriedades do arquivo CAD para a PIIAI-10
TelaCadItem	Forms	Tela de interface com usuário para cadastrar itens no ERP.
TelaEstrutura	Forms	Tela de interface com usuário para criar, alterar e excluir estrutura de itens.
TelaBuscaClassifItem	Forms	Apresentar uma lista para seleção de classificação dos itens.
TelaBuscaMatPrima	Forms	Apresentar uma lista para seleção de matéria-prima.
TelaBuscaDescrItem	Forms	Apresentar uma lista com descrições semelhantes de itens.
TelaCodNeutros	Forms	Apresentar uma lista de códigos alocados, com classificação neutra, que ainda não foram usados.
CadastroItem	CadastroItem	Envia as informações do item necessárias para cadastrar um item na base de dados do ERP.
ListaCalssificacaoItem	ListaCalssificacaoItem	Busca a classificação do item na base de dados, e retorna uma lista para ser apresentada ao usuário.
ListaMateriaPrima	ListaMateriaPrima	Busca uma lista de matéria-prima na base de dados, para ser apresentada ao usuário.
EstruturaItem	EstruturaItem	Envia as informações da estrutura do item necessárias para estruturar um item na base de dados do ERP.
InfoItem	InfoItem	Definição do objeto InfoItem, com os atributos da “view_item” fornecida pelo fornecedor do ERP,

		para receber as informações do documento CAD.
InfoEstrutura	InfoEstrutura	Definição do objeto InfoEstrutura, com os atributos da “view_estrutura_item” fornecida pelo fornecedor do ERP, para receber as informações do documento CAD.
ConectaOracle	ConectaOracle	Classe que possibilita a conexão com o banco de dados Oracle.

Fonte: O Autor.

A figura 45 mostra o diagrama de classes de projeto, com as classes e associações descritas na tabela 2.

Figura 34: Diagrama de Classes.

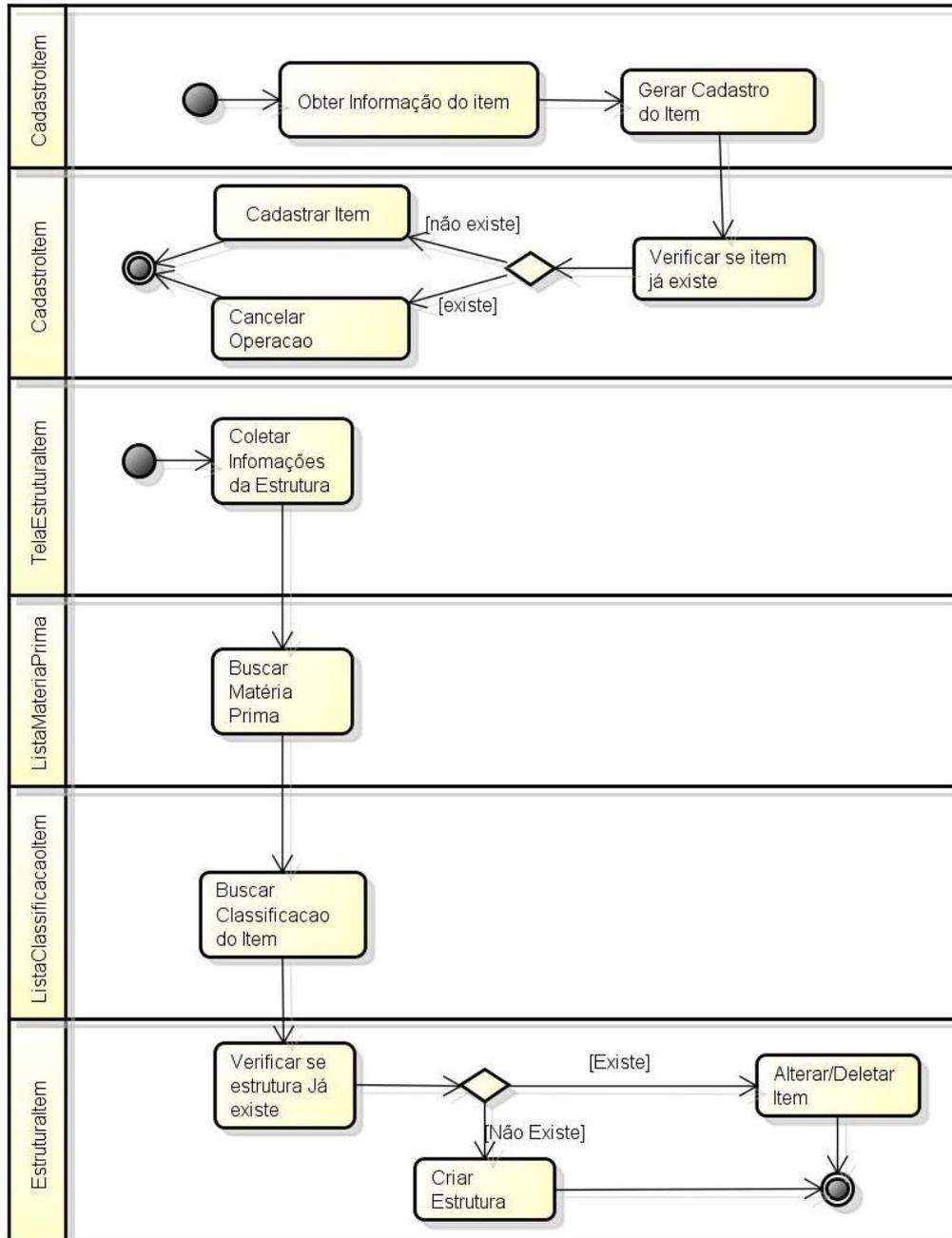


Fonte: O Autor.

#### 4.7.2- Diagramas de Atividades.

A figura 46 mostra o diagrama de atividades, onde estão representadas as duas principais funções do PIAI-10, cadastrar item, e estruturar item, contidas no processo “cadastrar e gerar estrutura genérica via interface” mostrado na figura 34.

Figura 35: Diagrama de Atividades.



Fonte: O Autor.

### 4.7.3- Casos de Uso.

As tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8, apresentam os casos de usos identificados no processo “cadastrar/estruturar itens genéricos via interface” mostrado na figura 35. São mostrados os objetivos, atores principais, descrições, fluxos principais e alternativos.

Tabela 3: Caso de Uso Cadastrar Item.

Caso de Uso:	Cadastrar Item.
Atores principais:	Projetista, sistema.
Objetivo:	Gerar o cadastro de um novo item no sistema ERP, com base nas informações do CAD.
Descrição:	O sistema gera um cadastro do novo item no banco de dados do ERP, com a descrição final do item, e com classificação final do item.
Fluxo principal:	1-Projetista cadastra o item modelado no CAD via interface. 2- sistema cadastra o item no ERP. 3-Projetista atribui matéria-prima como item filho ao item modelado.
Fluxo alternativo:	1-Sistema informa que a descrição do item já existe, e pergunta ao projetista se deseja alterar descrição, manter a mesma, ou cancelar operação. 2- Projetista altera descrição do item, o sistema faz nova busca por descrição igual e se não encontrar, cadastra o item. 3- Projetista mantém descrição igual, sistema cadastra o item. 4- Projetista encerra operação, sistema não cadastra o item e encerra.

Fonte: O Autor.

Tabela 4: Caso de uso Alterar Descrição do item.

Caso de Uso:	Alterar descrição do item.
Atores principais	Projetista, Sistema.
Objetivo:	Alterar a descrição do item no sistema ERP, com base nas informações do CAD.
Descrição:	O sistema altera a descrição do item no banco de dados do ERP, com a nova descrição do item.
Fluxo principal:	<p>1-Projetista inicia tela de cadastro do item.</p> <p>2-Sistema preenche a tela de cadastro com as informações atuais do item, contidas no arquivo CAD.</p> <p>3-Projetista altera a descrição do item.</p> <p>4-Sistema atualiza a descrição do item no ERP.</p>
Fluxo alternativo:	<p>1-Sistema informa que a nova descrição já existe. Pergunta ao usuário se deseja confirmar, alterar, ou manter a nova descrição.</p> <p>2-Projetista decide confirmar, e o sistema aceita a descrição igual, e encerra a operação.</p> <p>3-Projetista decide alterar a nova descrição, e o sistema altera descrição, e o sistema faz nova busca por descrição igual.</p> <p>4-Projetista decide manter a descrição anterior, e o sistema encerra a operação.</p>

Fonte: O Autor.

Tabela 5: Caso de Uso criar Estrutura do item.

Caso de Uso:	Criar estrutura do Item.
Atores principais	Projetista, Sistema.
Objetivo:	Criar a estrutura do item no ERP, com base nas propriedades do item modelado no CAD.
Descrição:	O sistema capta as propriedades do item desenhado no CAD, e cria a estrutura do item no ERP.
Fluxo principal:	<p>1-Projetista solicita ao sistema para criar a estrutura do item.</p> <p>2-O sistema capta as informações necessárias do CAD.</p> <p>3-Projetista envia estrutura do item para o ERP.</p> <p>4- Sistema cria a estrutura no ERP.</p>
Fluxo alternativo:	<p>1-Sistema informa que já existe uma estrutura com o código fornecido.</p> <p>2-Sistema informa o projetista que o item não está cadastrado e encerra a operação.</p> <p>3-Sistema informa o projetista que o item filho não está cadastrado, e encerra a operação.</p>

Fonte: O Autor.

Tabela 6: Caso de Uso Trocar item filho na Estrutura do item pai.

Caso de Uso:	Trocar item filho na estrutura do Item pai.
Atores principais	Projetista, Sistema.
Objetivo:	Alterar a estrutura do item no ERP, trocando um item filho por outro.
Descrição:	O sistema capta as informações do item pai e do item filho no CAD, e busca a estrutura no ERP para ser alterada. O item filho antigo é excluído da estrutura e o sistema envia as novas informações, alterando a estrutura na base de dados do ERP.
Fluxo principal:	1-Projetista solicita ao sistema para trocar o item filho na estrutura do item pai. 2- Sistema exclui o item filho antigo e inclui o novo item filho.
Fluxo alternativo:	1- Sistema informa o projetista que o novo item não possui estrutura, e encerra a operação. 2-Sistema informa o projetista que o novo item não está cadastrado, e encerra a operação.

Fonte: O Autor.

Tabela 7: Caso de Uso Alterar quantidade do item filho na Estrutura do item pai.

Caso de Uso:	Alterar quantidade do item.
Atores principais	Projetista, Sistema.
Objetivo:	Alterar quantidade do item filho na estrutura do Item pai.
Descrição:	O sistema capta as informações do item pai e do item filho no CAD, e busca a estrutura no ERP para ser alterada. A quantidade do item filho é alterada na estrutura do item pai com base nas novas informações, alterando a estrutura na base de dados do ERP.
Fluxo principal:	1-Projetista solicita ao sistema para alterar a quantidade do item filho na estrutura do Item pai. 2- O sistema altera a quantidade do item filho no ERP.
Fluxo alternativo:	1-Sistema informa que o item não possui estrutura, e encerra a operação.

Fonte: O Autor.

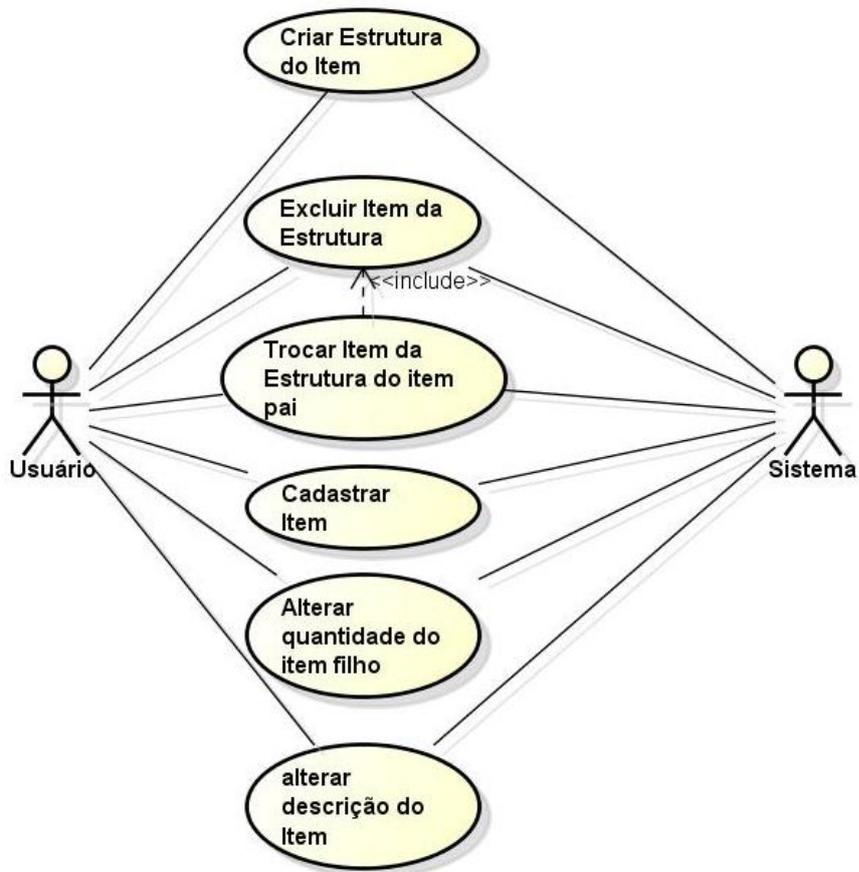
Tabela 8: Caso de Uso Excluir Item filho da Estrutura do item pai.

Caso de Uso:	Excluir item da estrutura.
Atores principais	Projetista, Sistema
Objetivo:	Excluir um item filho da estrutura do item pai no ERP.
Descrição:	O sistema exclui o item filho da estrutura do item pai, com base no desenho do CAD. O sistema busca a estrutura pelo código da propriedade <i>part number</i> do CAD, e exclui o item filho pelo código da propriedade CODMAT do CAD.
Fluxo principal:	1-Projetista solicita ao sistema para excluir o item filho da estrutura do item pai. 2- Sistema exclui o item da estrutura do item pai no ERP.

Fonte: O Autor.

A figura 47 mostra o diagrama de casos de uso, mostrando o ator “Projetista” e suas interações com o sistema PIIAI-10.

Figura 36: Diagrama de Casos de Uso.

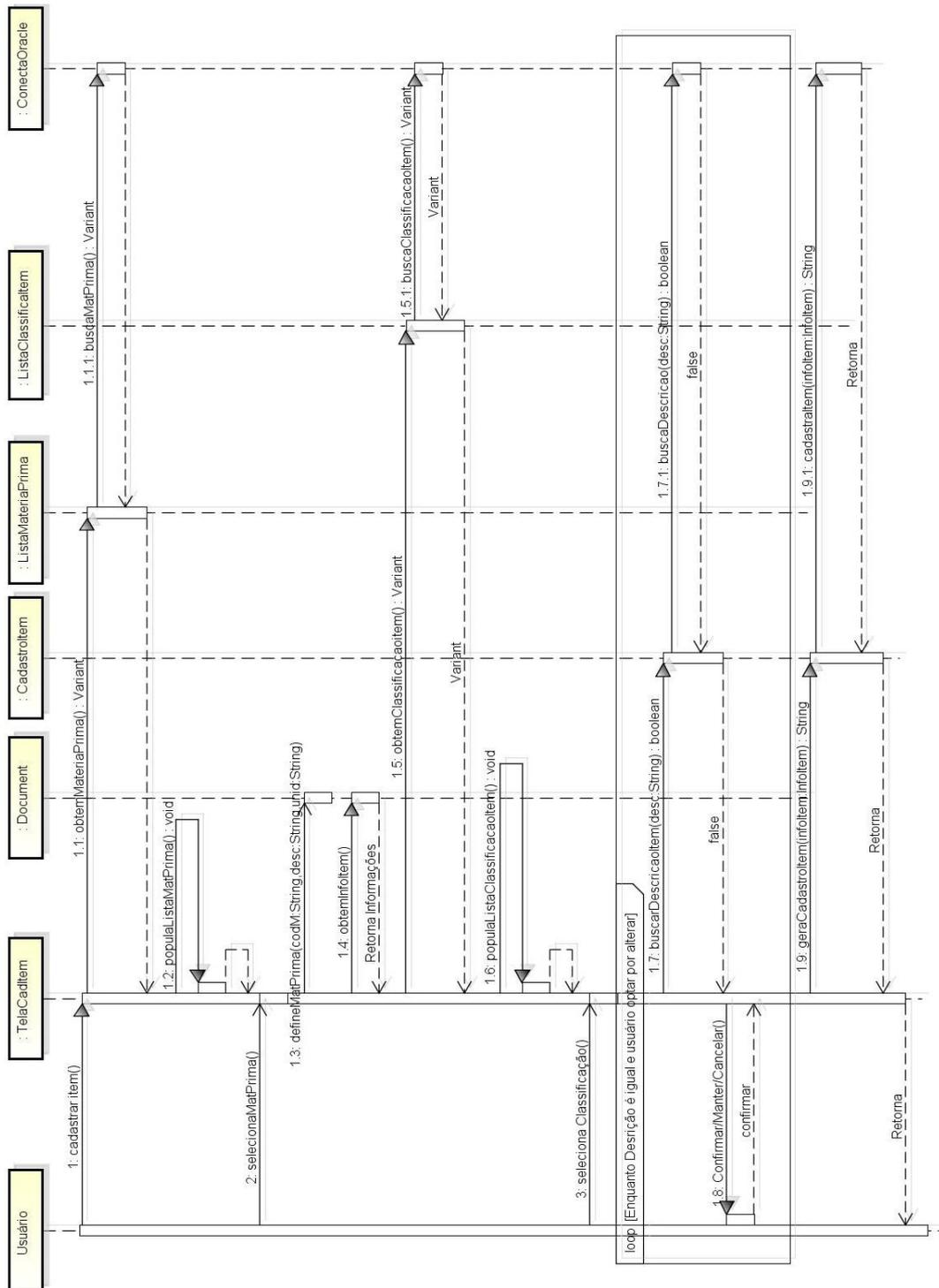


Fonte: O Autor.

### 4.7.3-Diagramas de Sequência.

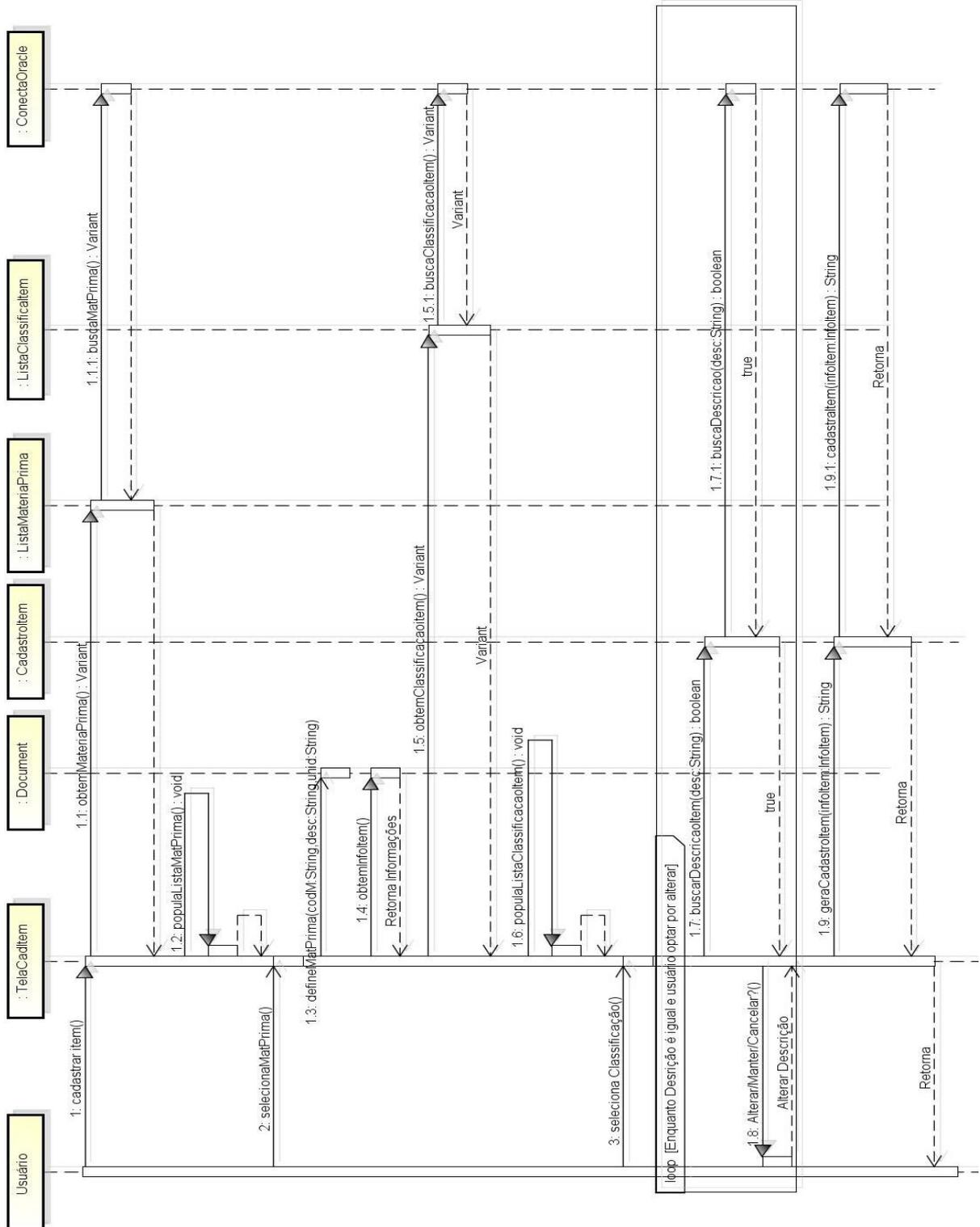
A figura 48 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade cadastrar item, descrito na tabela 3. Os fluxos alternativos são mostrados nas figuras 49, 50 e 51.

Figura 37: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Principal.



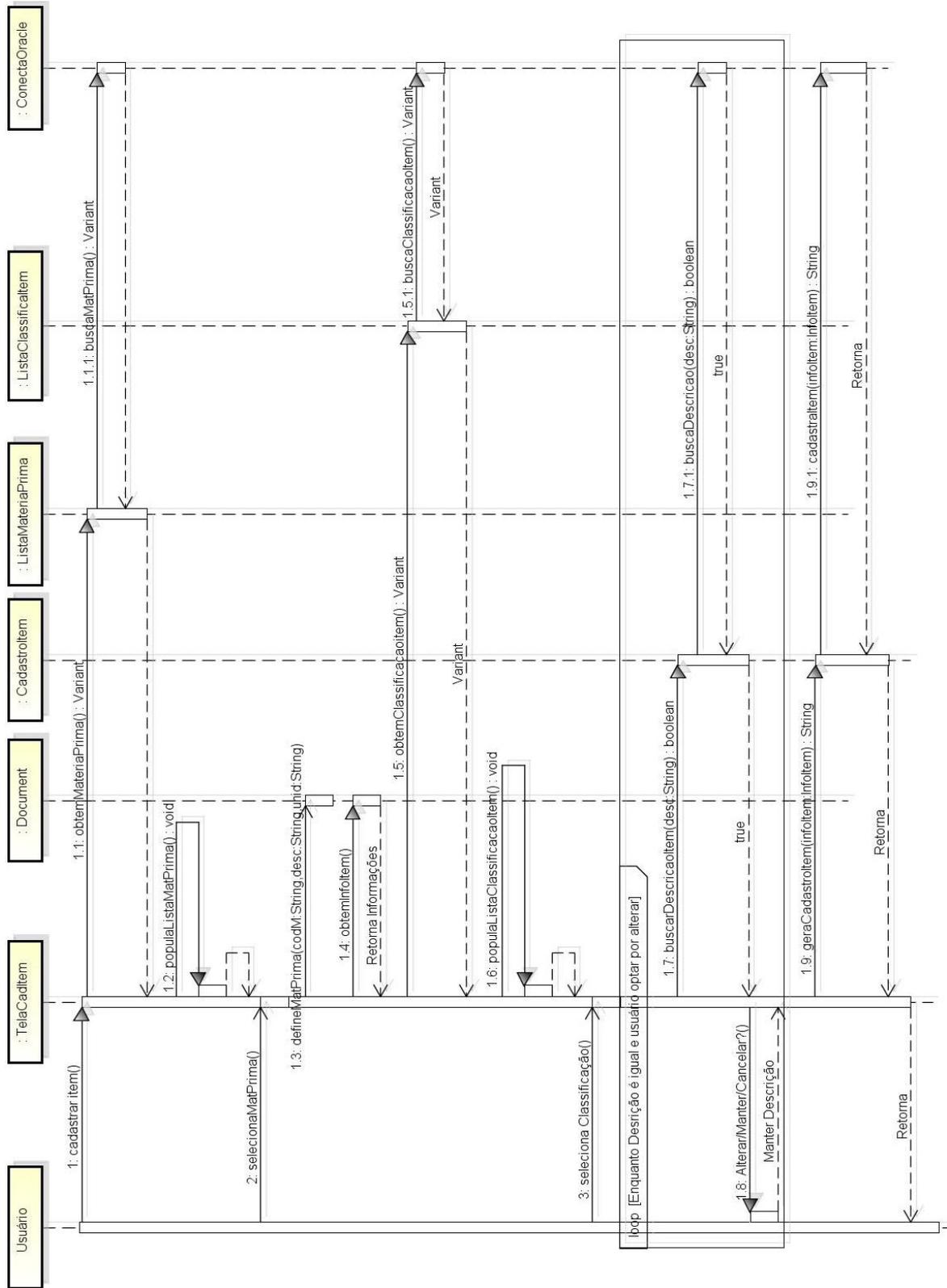
Fonte: O Autor.

Figura 38: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-1.



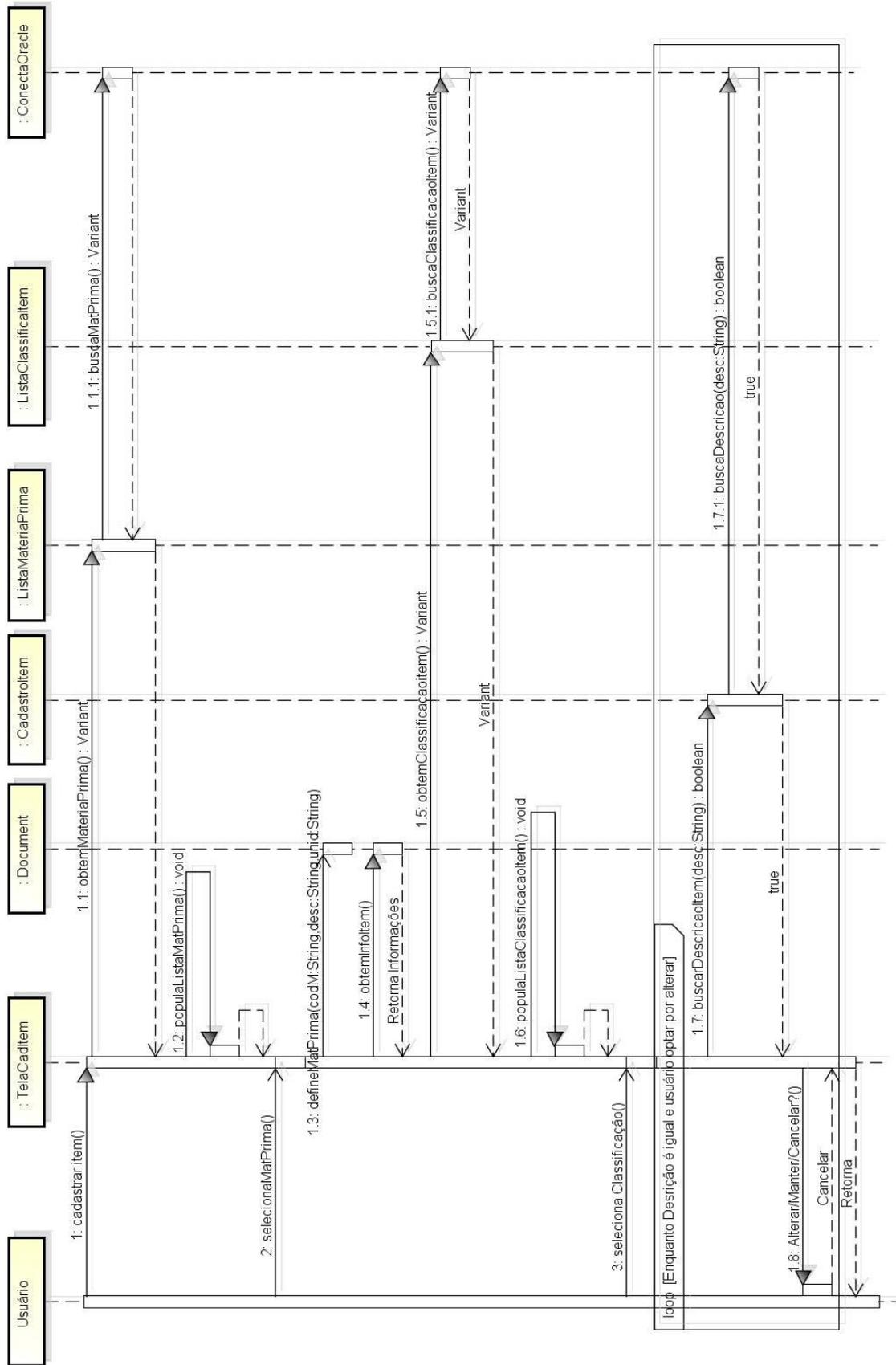
Fonte: O Autor.

Figura 39: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-2.



Fonte: O Autor.

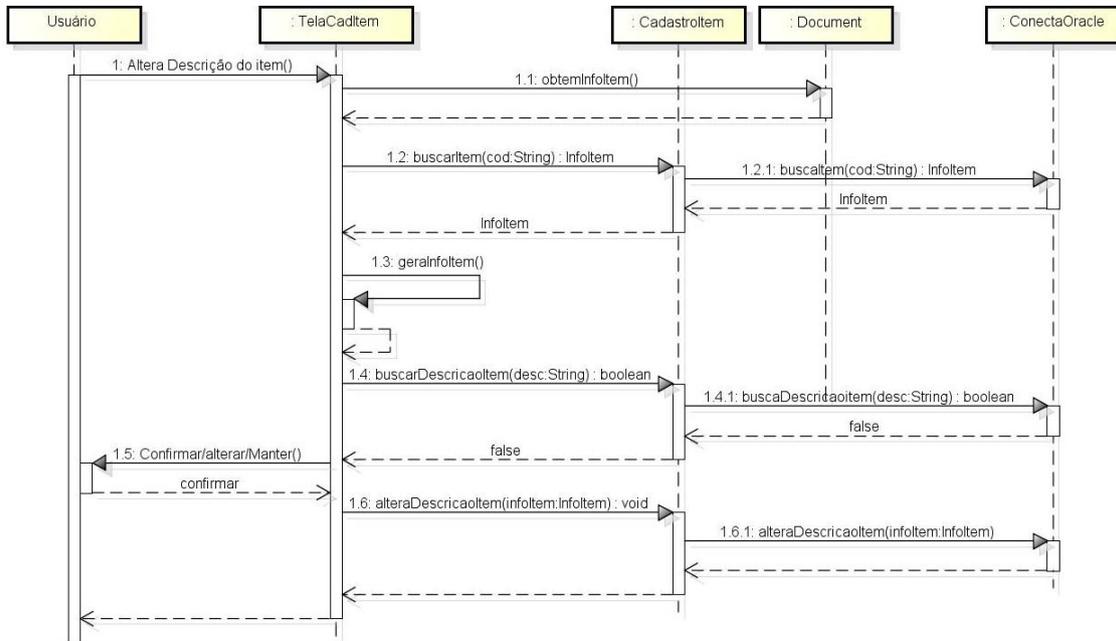
Figura 40: Diagrama de sequência- Cadastrar Item - Fluxo Alternativo-3.



Fonte: O Autor.

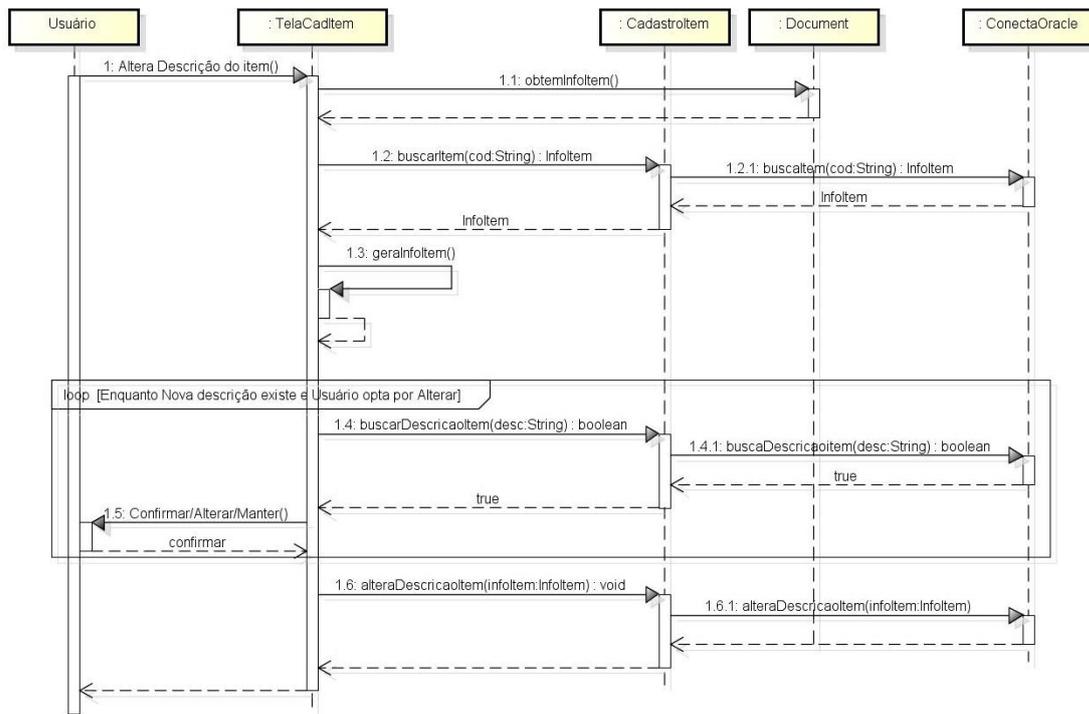
A figura 52 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade de alterar descrição do item, descrito na tabela 4. Os fluxos alternativos são mostrados nas figuras 53, 54, e 55.

Figura 41: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Principal



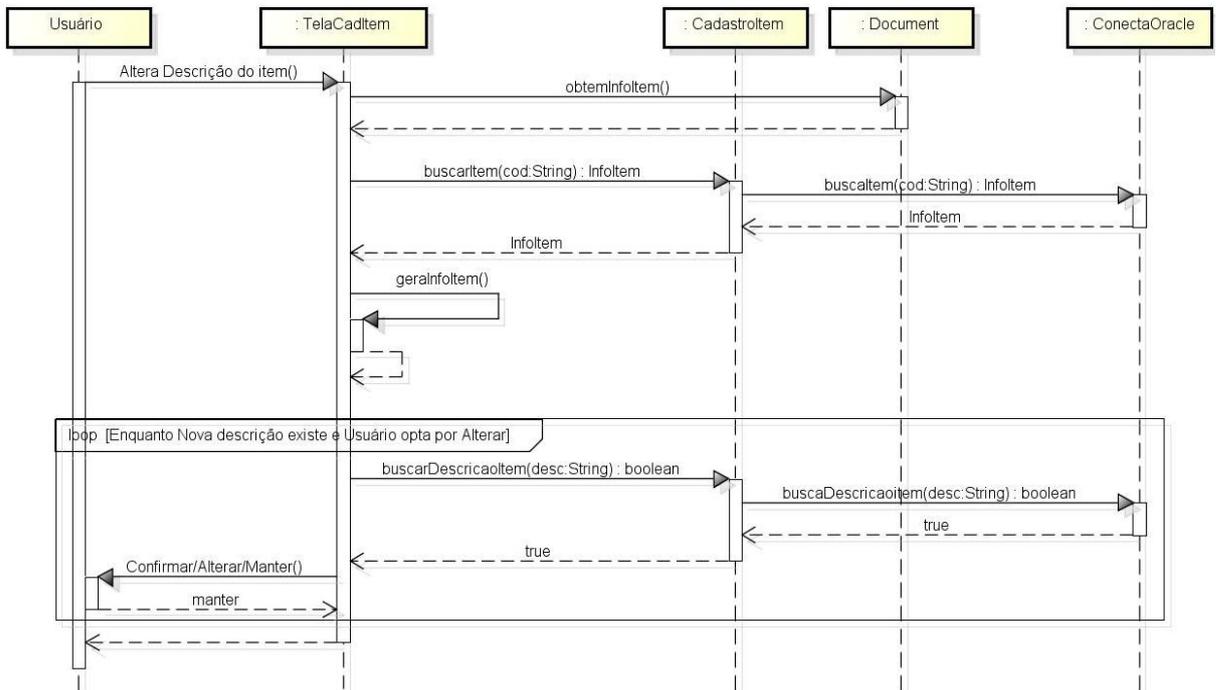
Fonte: O Autor.

Figura 42: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-1



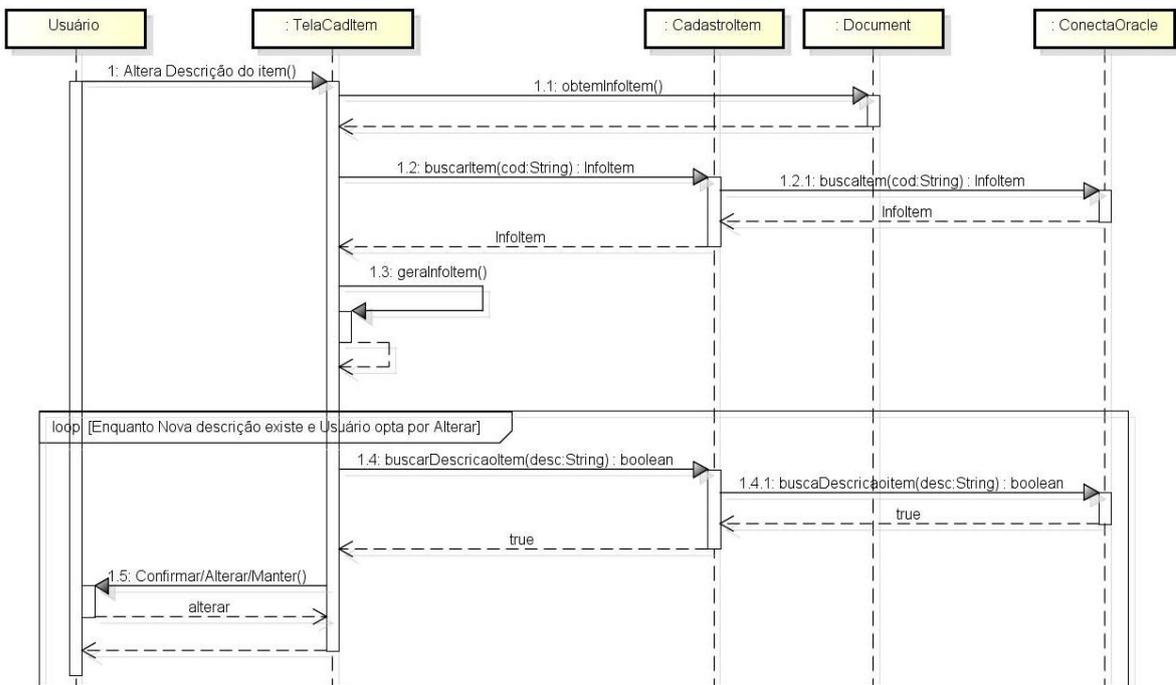
Fonte: O Autor.

Figura 43: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-2



Fonte: O Autor.

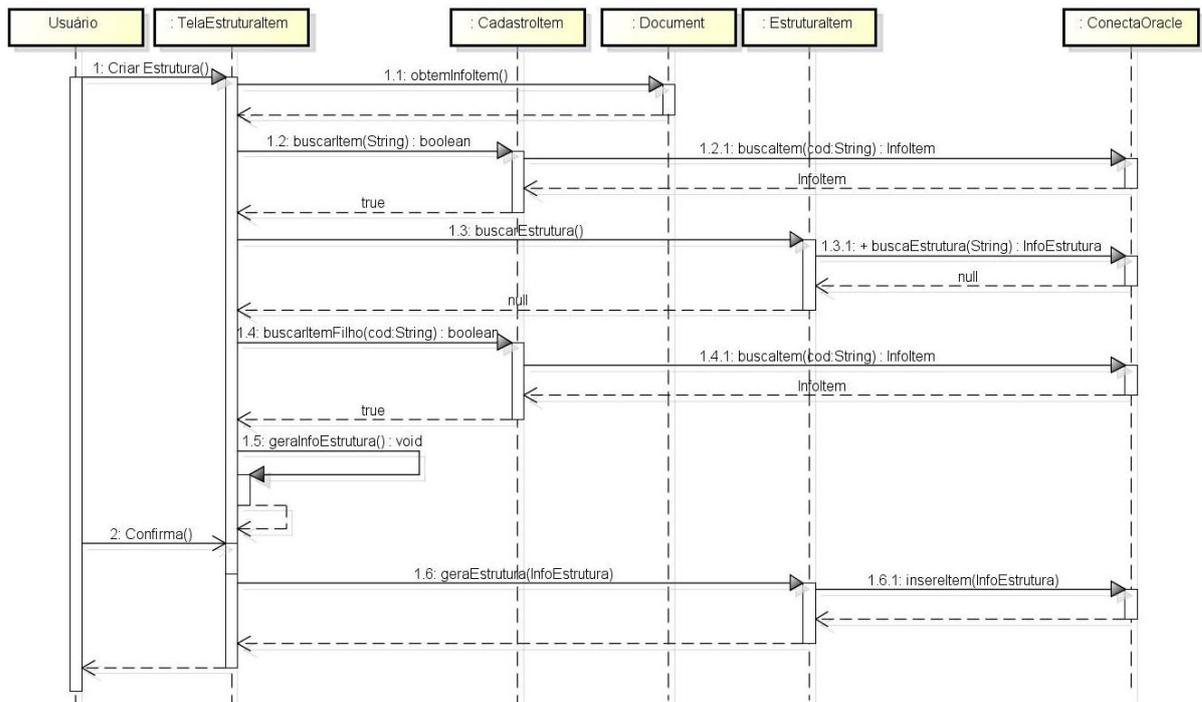
Figura 44: Diagrama de sequência- Alterar descrição do Item - Fluxo Alternativo-3



Fonte: O Autor.

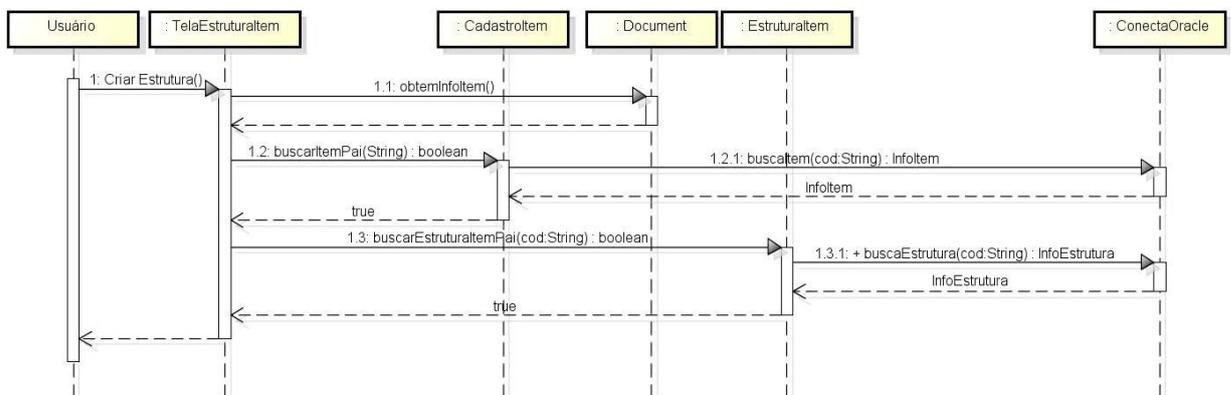
A figura 56 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade de criar estrutura do item, descrito no caso de uso da tabela 5. Esta atividade possui três fluxos alternativos, mostrados nas figuras 57, 58, e 59.

Figura 45: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Principal.



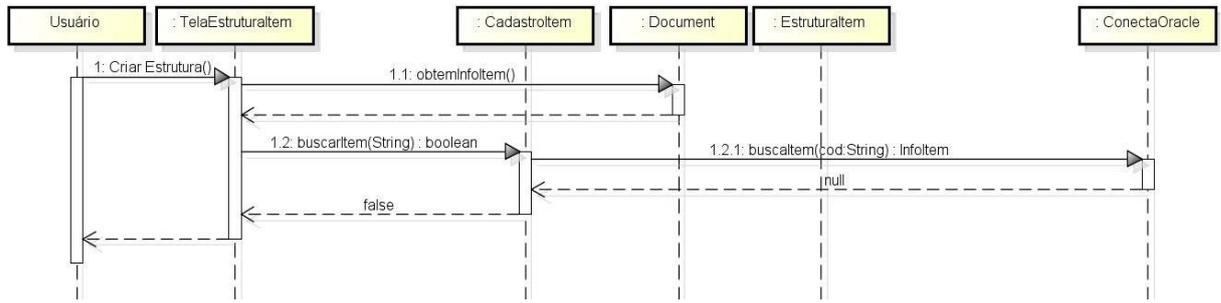
Fonte: O Autor.

Figura 46: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -1



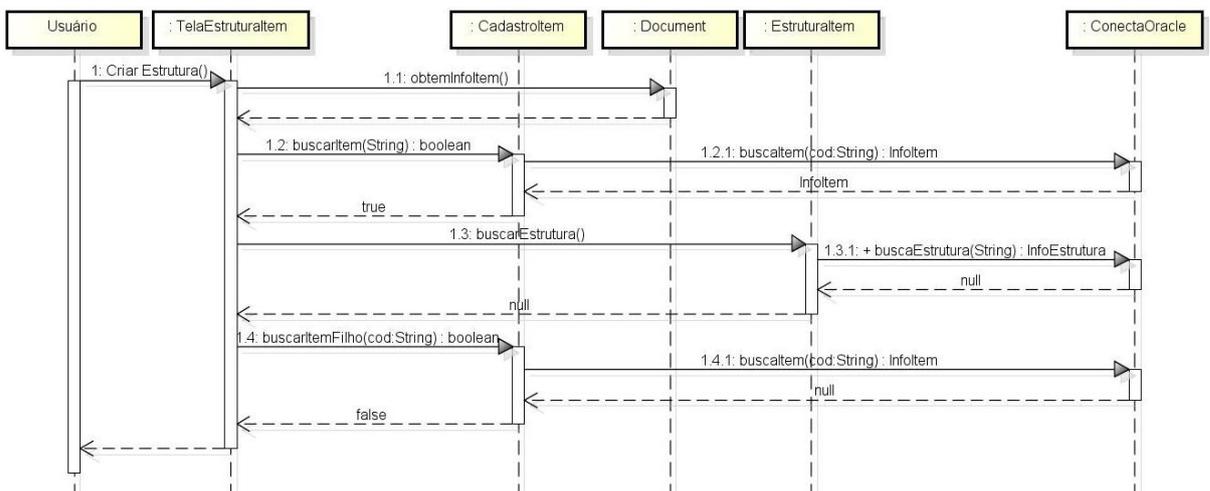
Fonte: O Autor.

Figura 47: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -2



Fonte: O Autor.

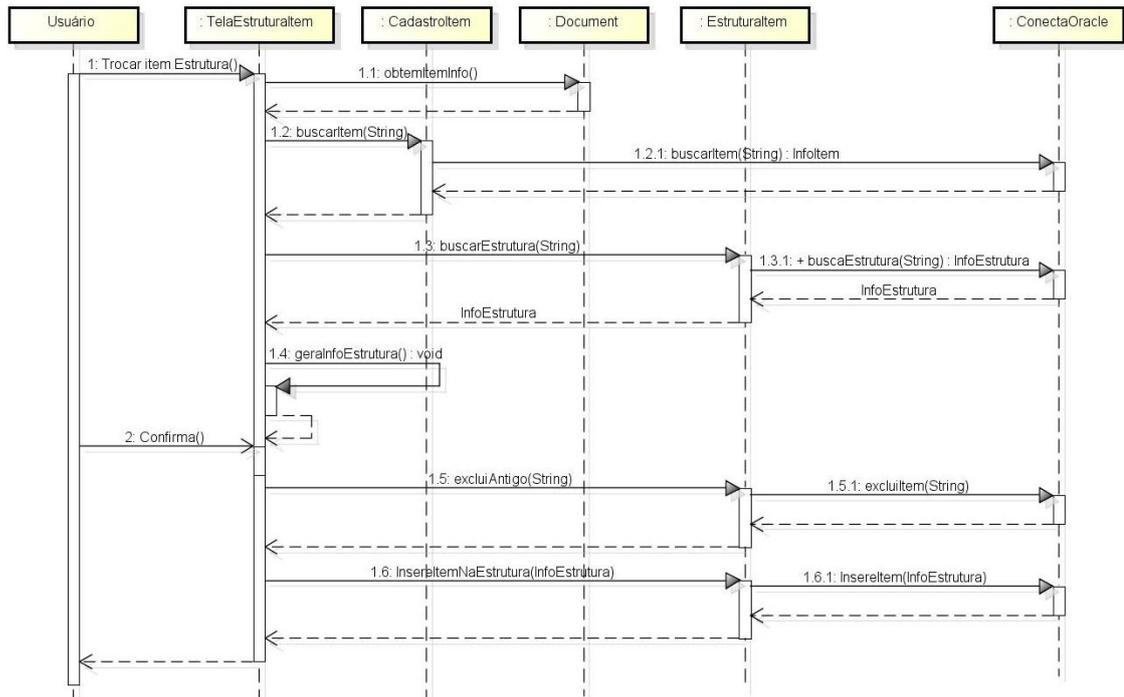
Figura 48: Diagrama de sequência- Criar Estrutura do Item - Fluxo Alternativo -3



Fonte: O Autor.

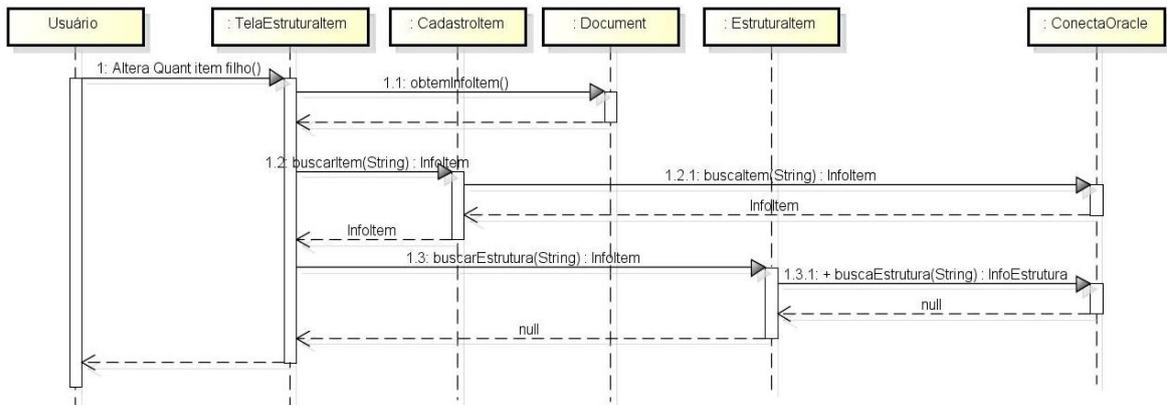
A figura 60 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade de trocar item filho da estrutura do item pai, descrito no caso de uso da tabela 6. Os fluxos alternativos são mostrados nas figuras 61 e 62.

Figura 49: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Principal



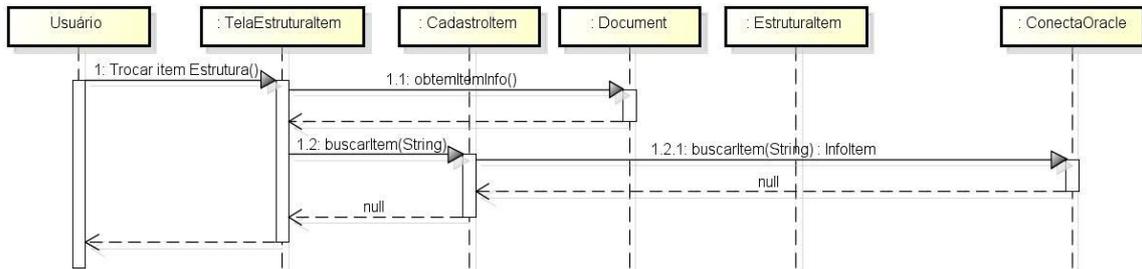
Fonte: O Autor.

Figura 50: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Alternativo-1.



Fonte: O Autor.

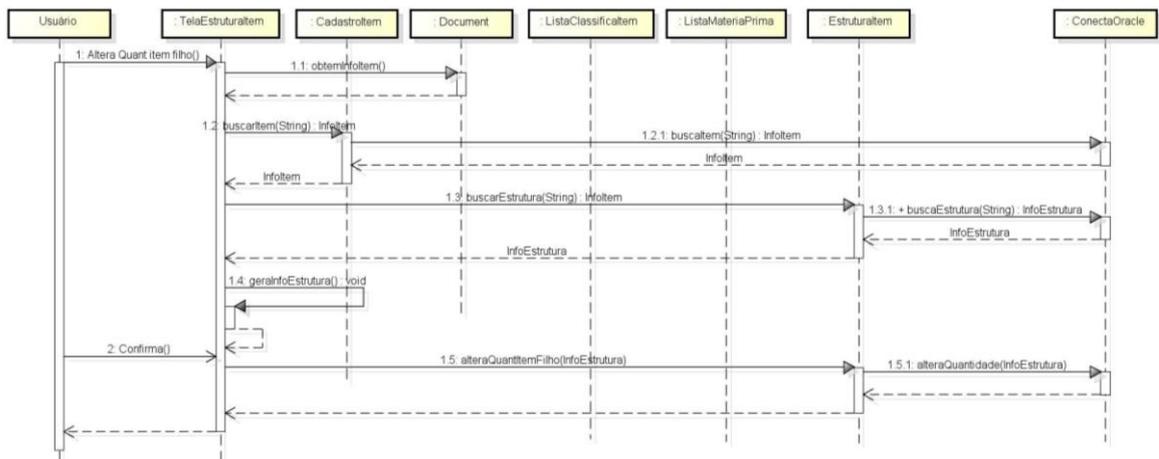
Figura 51: Diagrama de Sequência - Trocar Item filho da estrutura - Fluxo Alternativo-2.



Fonte: O Autor.

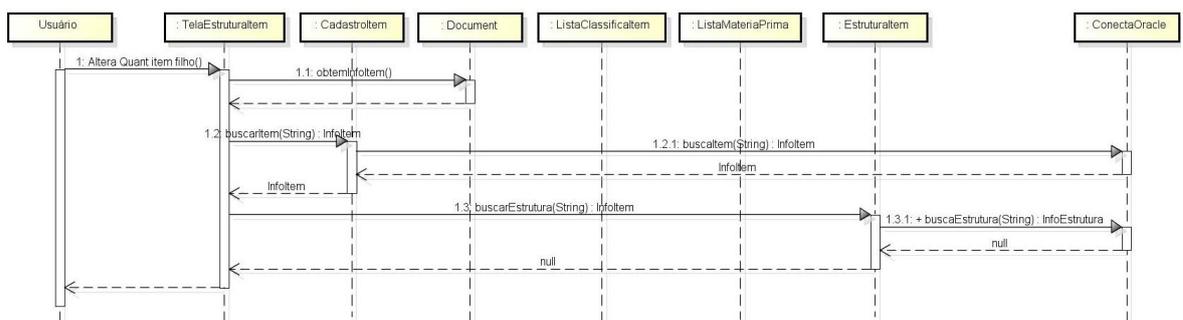
A figura 63 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade de alterar quantidade do item filho na estrutura do item pai, conforme descrito no caso de uso da tabela 7. O fluxo alternativo é mostrado na figura 64.

Figura 52: Diagrama de Sequência - Alterar Quantidade do Item filho na estrutura - Fluxo Principal.



Fonte: O Autor.

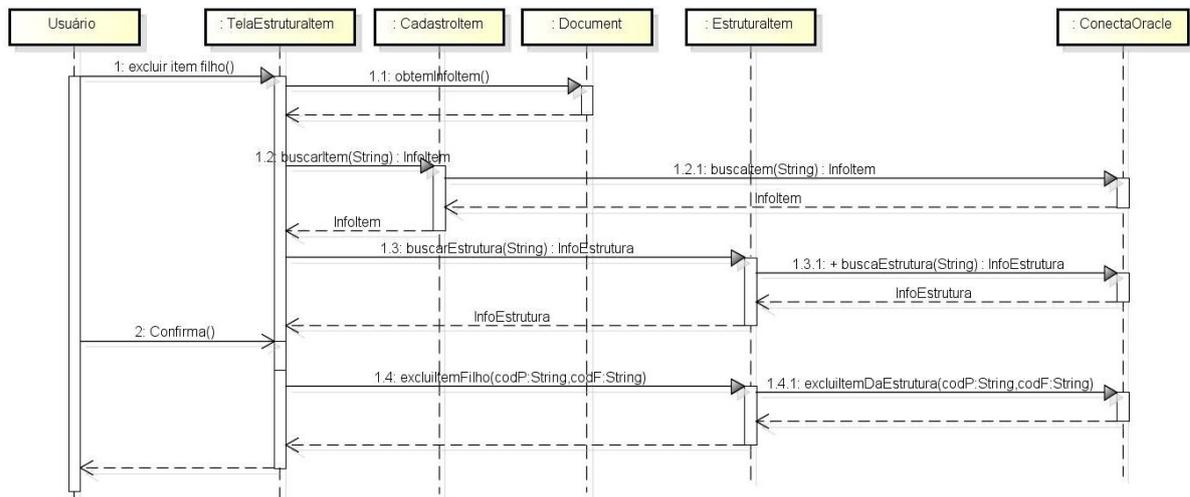
Figura 53: Diagrama de Sequência - Alterar Quantidade do Item filho na estrutura - Fluxo Alternativo.



Fonte: O Autor.

A figura 65 mostra o diagrama de sequência do fluxo principal da atividade de excluir item filho da estrutura do item pai, descrito no caso de uso da tabela 8.

Figura 54: Diagrama de Sequência - Excluir Item filho da estrutura - Fluxo Principal.



Fonte: O Autor.

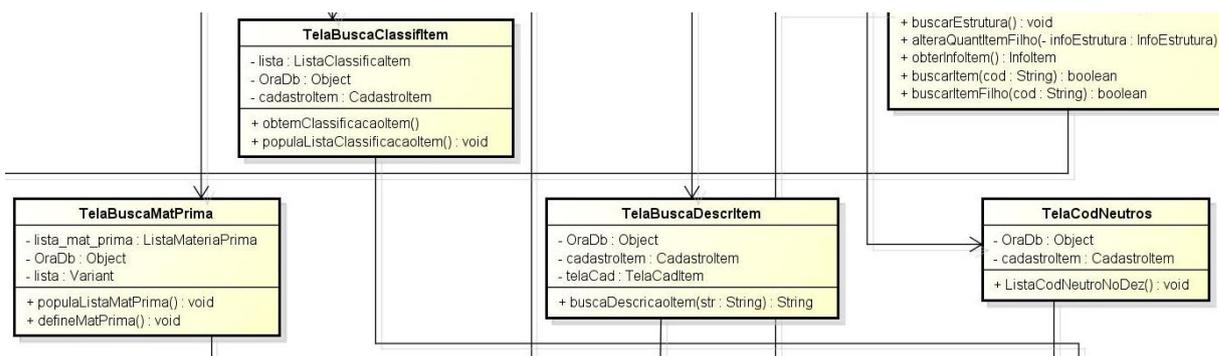
## 5-IMPLEMENTAÇÃO.

A implementação do protótipo de interface de integração PIIAI-10, teve início com a criação da base de testes. Este procedimento foi executado pela empresa TopDb de Caxias do Sul, que presta serviços de manutenção em banco de dados Oracle. Após a criação da base de testes, foi iniciada a implementação das classes, e telas definidas na análise. Além das classes e telas definidas na análise, também foram implementados módulos com rotinas e funções auxiliares.

### 5.1-Ajustes do projeto ocorridos na implementação.

Durante a implementação foram acrescentadas mais quatro classes de telas, que serão usadas para apresentação de listas de opções de escolha para o usuário. São elas: TelaBuscaClassifItem, TelaBuscaMatPrima, TelaBuscaDescrItem, TelaCodNeutros. As funcionalidades destas classes estão descritas na tabela 2. Estas telas são necessárias para proporcionar maior controle, e flexibilidade ao usuário, na definição de algumas informações, que são recuperadas do ERP. A figura 66 mostra um fragmento da figura 44 representando as classes de telas acrescentadas.

Figura 55: Classes de telas acrescentadas.



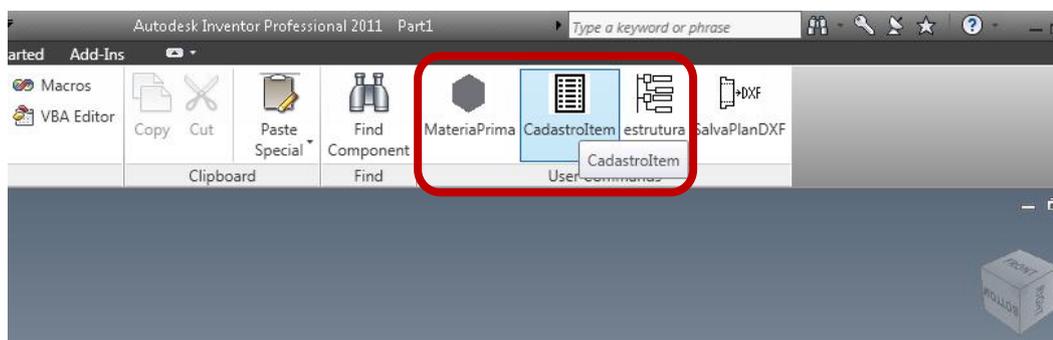
Fonte: O autor.

Outro ajuste ocorrido na implementação foi a criação de vários módulos com rotinas e funções. Estas rotinas e funções têm como finalidade, proporcionar comunicação com o ambiente do Autodesk Inventor, realizar cálculos, realizar buscas recursivas entre outras funções.

## 5.2-Codificação.

Conforme definido na análise, a linguagem usada para codificação foi o VBA da Microsoft, que faz parte da API fornecida pelo Autodesk Inventor. A comunicação do Autodesk Inventor com a API se dá através de Macros, definidas como rotinas Sub no ambiente VBA. Entre os módulos criados, o módulo “Principal”, é responsável pela inicialização do sistema. As rotinas de inicialização são acionadas por botões de comandos criados no ambiente do Autodesk Inventor. A figura 67 mostra um fragmento da tela do ambiente .ipt do Autodesk inventor, onde aparece no destaque, os comandos que iniciam o PIIAI-10.

Figura 56: Comandos de inicialização do PIIAI-10.



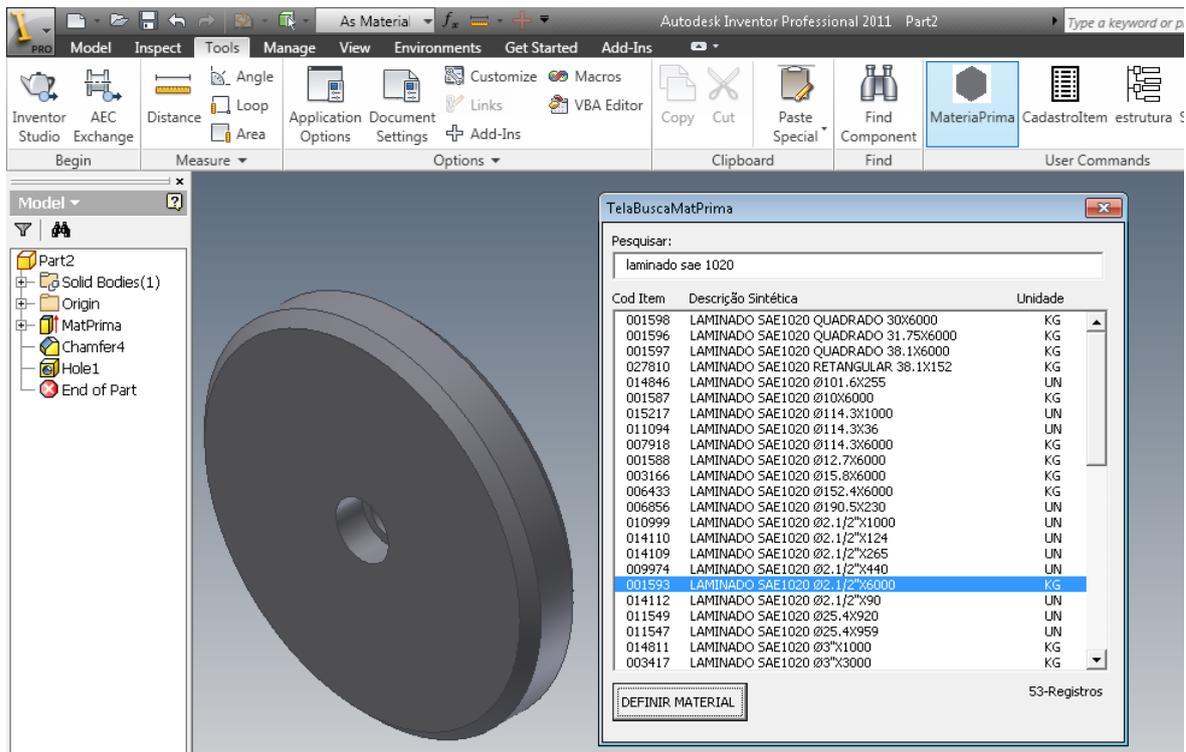
Fonte: O Autor.

Como mostrado na figura 67, foram criados na área de comandos do usuário apenas três botões de comando. Estes comandos só são disponíveis nos ambientes .ipt e .iam.

### 5.2.1-Telas principais e suas funcionalidades.

O comando “MateriaPrima” inicia a tela para o usuário fazer uma busca no ERP pelas matérias primas cadastradas. Esta tela terá duas opções para o usuário. A primeira opção é para os itens que são modelados a partir dos *Templates* com as matérias-primas pré-definidas. Nesta opção o usuário terá que buscar a matéria prima necessária, e clicar no botão “Definir Material”. O sistema se encarregará de, com base nas dimensões da primeira *feature* “MatPrima”, calcular a quantidade usada. A figura 68 mostra uma peça modelada a partir de um Template “Ferro Redondo” e a respectiva tela de matéria-prima.

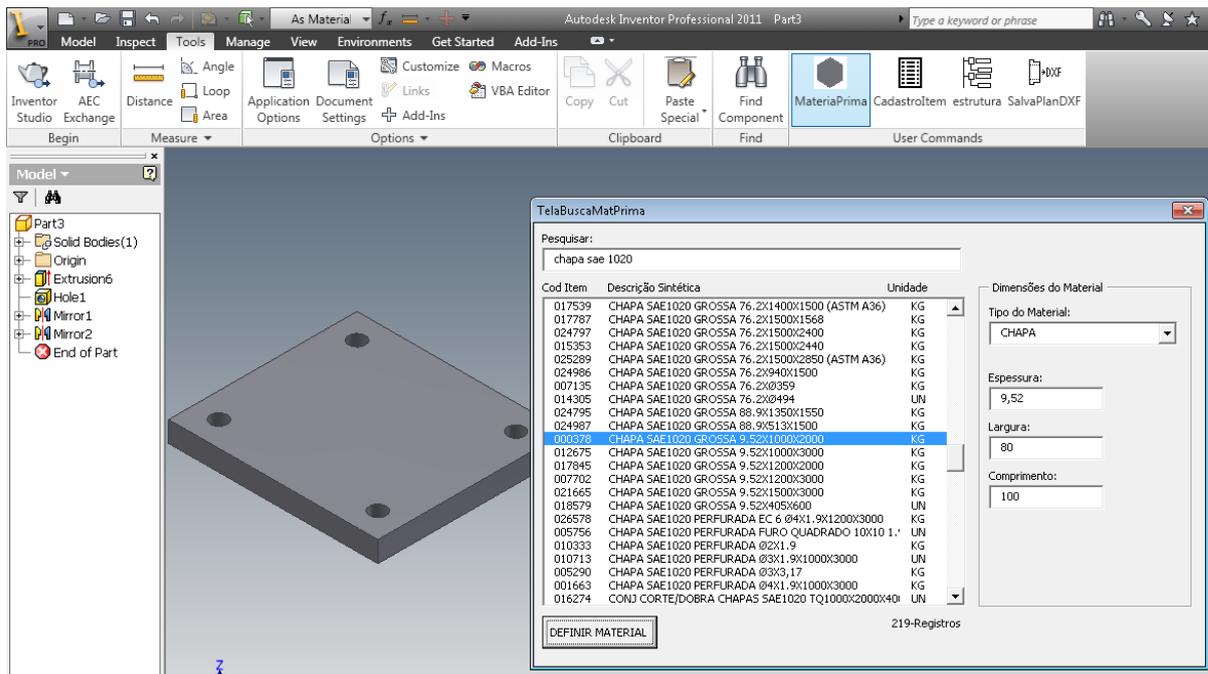
Figura 57: Tela matéria prima com base no *template* "Ferro Redondo".



Fonte: O autor.

A segunda opção é para itens modelados a partir do *template* padrão para peças “*Standard.ipt*”, ou para itens que são modelado a partir da cópia de um modelo mais antigo. Nesta opção o usuário também faz uma busca pela matéria-prima necessária. Dependendo do tipo de material selecionado, serão apresentados campos para preenchimento, que definirão dimensões e quantidades. O usuário terá que preencher os campos solicitados para que o sistema possa realizar os cálculos de quantidades. A figura 69 mostra o modelo de uma peça a partir do *template* padrão “*Standard.ipt*” e a respectiva tela de matéria prima.

Figura 58: Tela matéria prima com base no *template* "Standard.ipt".



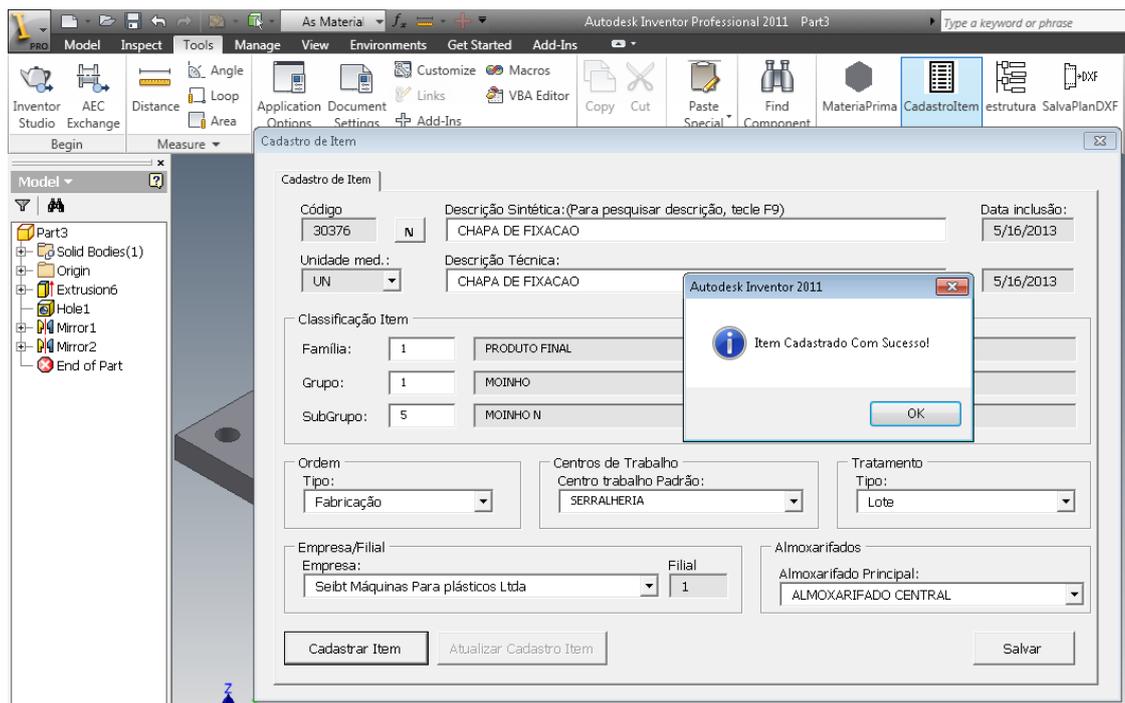
Fonte: O autor.

O comando “CadastroItem” inicia a tela de cadastro de item no ERP. Ao iniciar a tela o sistema irá captar a descrição atual que está na propriedade “Description”, e o valor contido da propriedade “Part Number” do arquivo. Além destas duas informações também são preenchidos os campos de data, com a data atual (no caso de um novo item), ou com as datas de inclusão e alteração (no caso de item já cadastrado). Nesta tela o usuário poderá tanto cadastrar um novo item, como também atualizar algumas informações de um item já cadastrado. A partir da tela de cadastro, o usuário poderá acessar as telas de classificação de item, a tela de descrição de item, e a tela de códigos neutros.

No cadastro de um item novo o usuário deverá definir a descrição, a classificação, o centro de trabalho, e o tratamento do item. Os demais campos conterão valores padrão. O campo código será preenchido com o valor do último código cadastrado mais um. Ao clicar no botão “cadastrar item”, as informações serão enviadas ao ERP, que retornará uma mensagem de sucesso ou não. O código gerado será enviado para o *Part Number*, e a descrição para o campo *Description*, nas propriedades do arquivo. Ao clicar em “Salvar”, o modelo CAD será salvo na pasta escolhida pelo usuário, com o nome composto pelo código+descrição.

Para atualizar o cadastro de um item, o documento CAD aberto deverá já ser um item cadastrado, contendo um código válido no *Part Number*. Ao abrir a tela de cadastro os campos de código, e descrição serão preenchidos com as propriedades *Part Number* e *Description* respectivamente. Com o foco no campo código, o usuário busca as informações contidas no ERP pressionando a tecla F9, preenchendo os campos restantes: datas de inclusão e alteração, centro trabalho, classificação etc. A figura 70 mostra a tela de cadastro de itens.

Figura 59: Tela de cadastro de item.



Fonte: O autor.

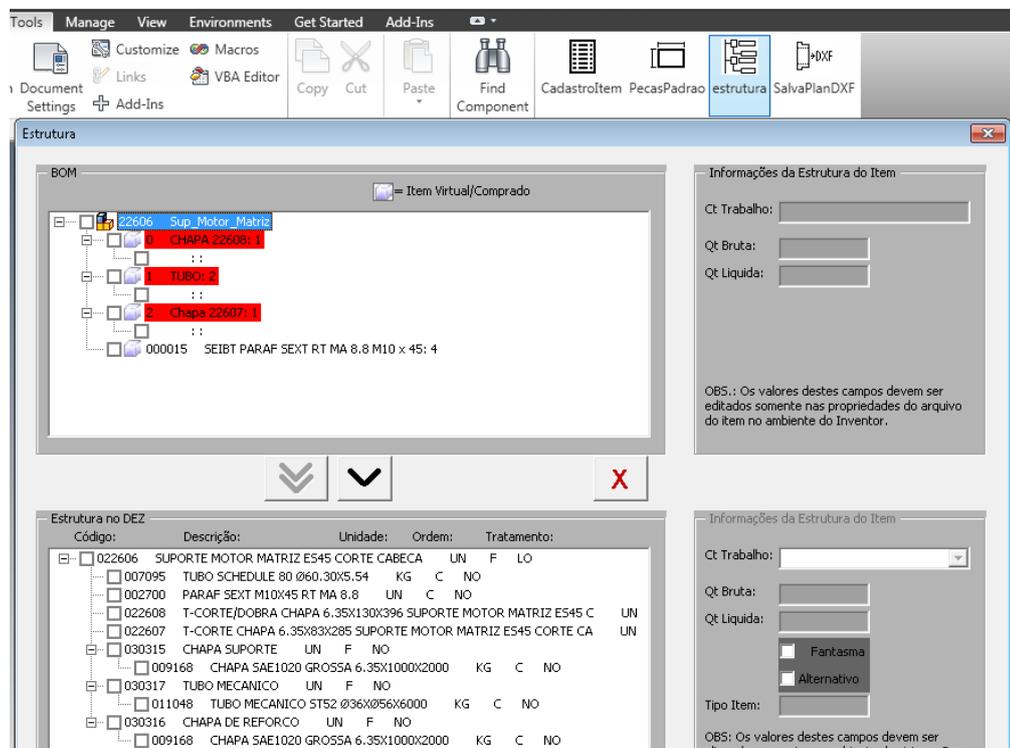
O comando “estrutura” inicia a tela para manipulação da estrutura de itens e produtos. Nesta tela será possível criar, deletar e alterar uma estrutura de produto ou item. Ao iniciar a tela o sistema faz uma busca recursiva na BOM do arquivo CAD. O sistema então irá construir uma árvore em um controle *TreeView*. O nodo raiz é ocupado com as informações do arquivo aberto (item pai), seguindo após nodos filhos ocupados pelos itens filhos do item principal. Na verdade, a BOM é reconstruída nesta árvore, com a diferença de que os itens “.ipt” que na BOM do CAD não contém itens filhos, nesta reconstrução, as propriedades da guia Custom: Codmat, Descricao, Quantidade, e Unidade, são associadas como itens filhos aos arquivos .ipt. No caso das propriedades Custom do item não conterem nenhum valor, o item será considerado sem estrutura, e o nodo filho do item ficará vazio, e a linha do nodo

será destacada em vermelho. Conforme definido nos requisitos, os itens sem estrutura no CAD não podem ser enviados ao ERP.

Após a criação da árvore dos itens do CAD, o sistema fará uma busca no ERP, utilizando como parâmetro o *Part Number* do item pai (nodo raiz). Se a estrutura existir no ERP, ela será reconstruída em outro controle *TreeView*. Se nenhuma estrutura for encontrada o usuário será informado, e o controle *TreeView* ficará vazio, permitindo o envio da estrutura do CAD completa para o ERP. Será possível também deletar itens da estrutura montada a partir do ERP, ou a estrutura completa, para ser recriada a partir da estrutura do CAD. A troca de itens na estrutura do ERP se dará a partir da exclusão do item, e após a inserção do novo item a partir da estrutura do CAD.

A montagem das estruturas em forma de árvore foi escolhida para proporcionar uma visualização melhorada ao usuário. É possível comparar a estrutura criada no CAD, e a estrutura criada no ERP. A meta é fazer com que as duas estruturas estejam rigorosamente iguais. Estruturas antigas do ERP poderão ser ajustadas para se igualar à do CAD e vice-versa. A figura 71 mostra a tela de estrutura com uma estrutura CAD (BOM) e ERP (Estrutura no DEZ), nos controles *TreeViews* correspondentes.

Figura 60: Tela de estrutura com itens sem estrutura no CAD.



Fonte: O autor.

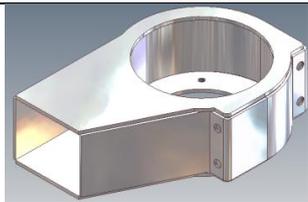
## 6-RESULTADOS OBTIDOS.

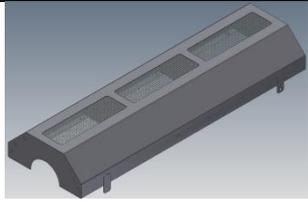
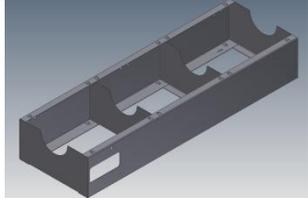
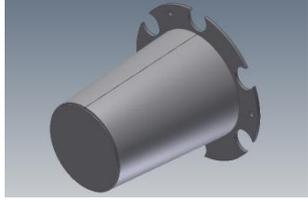
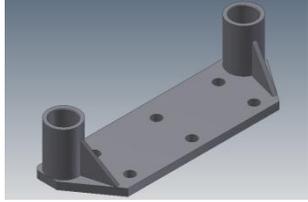
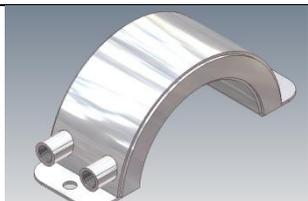
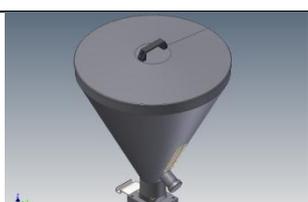
Conforme exposto na proposta deste trabalho, os resultados esperados eram a redução do tempo de cadastro/estrutura de itens, e maior precisão na criação e manutenção das estruturas no ERP. Para obtenção destes tempos foi realizado um teste tomando-se como base um equipamento completo. O cadastramento e estrutura do equipamento foram feitas de forma manual e usando-se o PIIAI-10. Mais testes foram realizados, porém sem tomadas de tempos, e sim para avaliar a robustez do sistema.

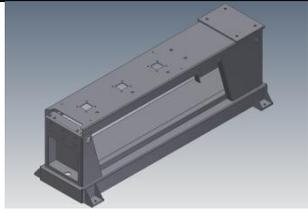
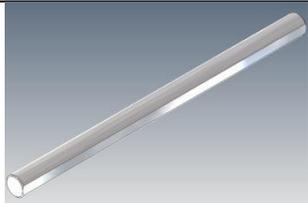
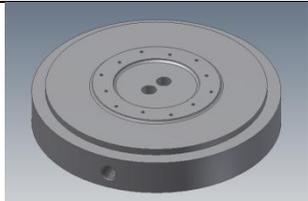
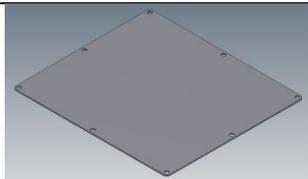
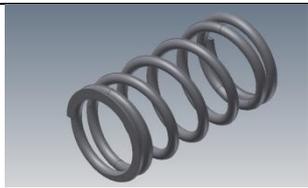
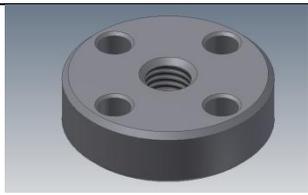
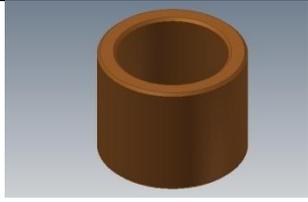
### 6.1-Teste de cadastro/estrutura manuais.

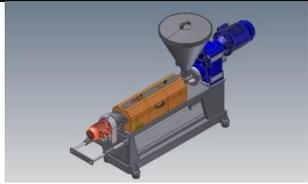
O equipamento em estudo foi primeiramente todo modelado no Autodesk Inventor. Cada componente teve um código previamente alocado no ERP com uma descrição provisória, e classificação neutra. Após os itens terem sido desenhados, foram entregues para serem cadastrados e estruturados na base de dados de produção. A base de produção foi utilizada para a tomada de tempo manual, devido se tratar de um equipamento real em produção e com solicitação de pedido. Foram tomados os tempos de cadastro/estrutura dos itens filhos diretos do item final. O colaborador que fez o cadastro/estrutura teve que alterar a descrição dos itens e a classificação adequada a cada item, e criar a estrutura dos itens. A tabela 9 mostra os resultados deste primeiro teste e as imagens dos itens que tiveram seus tempos de cadastro/estrutura tomados.

Tabela 9: Resultados de tempos de cadastro/estrutura manuais.

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
32818	.iam	7:57:36	8:06:41	0:09:05	

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
32427	.iam	8:09:37	8:24:16	0:14:39	
32423	.iam	8:28:11	8:32:47	0:04:36	
32723	.iam	8:33:11	8:39:03	0:05:52	
32570	.iam	8:39:45	8:44:16	0:04:31	
32564	.iam	8:45:05	8:50:40	0:05:35	
32557	.iam	8:53:23	9:07:48	0:14:25	
32728	.iam	9:08:48	9:33:10	0:24:32	

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
32412	.iam	9:33:44	9:53:14	0:19:30	
32568	.ipt	9:53:54	9:55:52	0:01:58	
32563	.ipt	9:56:15	9:57:50	0:01:35	
32577	.ipt	9:58:14	9:54:44	0:01:30	
32575	.ipt	10:40:05	10:41:20	0:01:15	
32579	.ipt	10:00:33	10:02:13	0:01:40	
32719	.iam	10:02:32	10:05:20	0:02:48	
32569	.ipt	10:06:32	10:08:49	0:02:17	

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
32810	.iam	10:21:37	10:39:15	0:17:38	
TOTAL=				2:13:16	

Fonte: O autor.

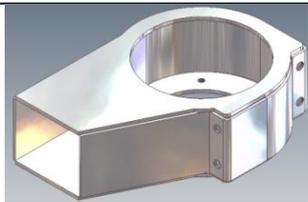
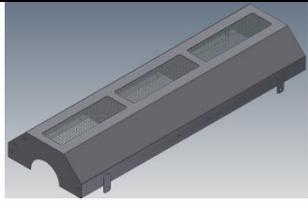
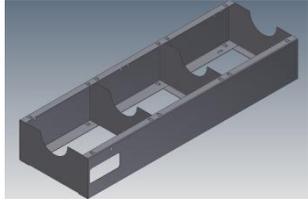
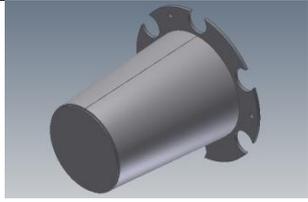
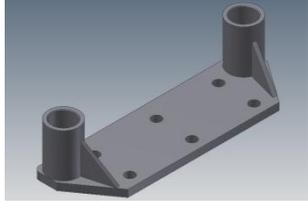
### 6.1.1-Observações sobre o teste de cadastro/estrutura manuais.

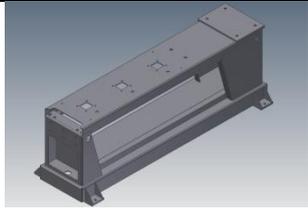
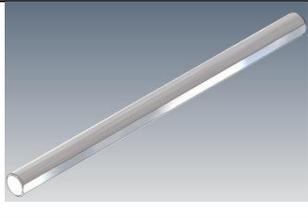
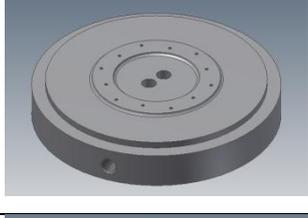
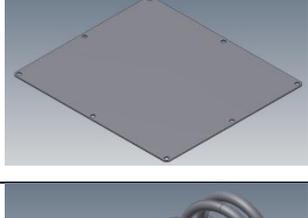
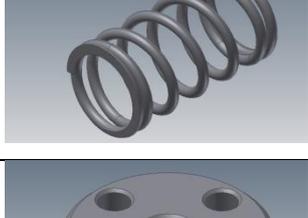
Pelos tempos tomados pode-se observar a sequência de construção da estrutura do produto completo. Não foram tomados os tempos de cada item isoladamente, pois isso exigiria muito tempo do colaborador que fez esta estrutura. Foram tomados os tempos dos principais conjuntos e subconjuntos, e também de algumas peças, como referência de tempo de um item isolado. Para cada conjunto ou subconjunto, o colaborador primeiro atualizou o cadastro dos itens filhos (que estavam cadastrados como itens neutros), e criou as estruturas destes itens, atribuindo-lhes as devidas matérias primas. Logo após ele criou as estruturas dos conjuntos e subconjuntos. Pode-se observar o maior tempo para cadastro/estrutura dos itens do tipo iam. A estrutura do produto final foi gerada por último, exigindo o tempo de 17 min. Aproximadamente.

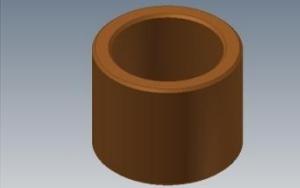
A necessidade de se seguir esta sequência descrita acima é uma das causas do tempo elevado para cadastro/estrutura de um produto completo no ERP. Outro ponto de demora é a necessidade de navegação entre as telas de cadastro, estrutura e buscas. Também a necessidade de cálculo manual das quantidades de matéria prima pelo colaborador, contribui para o tempo obtido. A seguir será apresentado o resultado do cadastro/estrutura do mesmo produto, porém usando-se o PIIAI-10.

## 6.2-Teste de cadastro/estrutura com o PIIAI-10.

Tabela 10: Resultados de tempos de cadastro/estrutura usando-se o PIIAI-10.

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
30303	iam	09:05:39	09:08:48	00:03:09	
30353	iam	21:20:59	21:25:01	00:04:02	
30359	iam	21:28:26	21:30:23	00:01:57	
30346	iam	21:39:56	21:42:16	00:02:20	
30311	iam	21:45:19	21:47:59	00:02:40	
30321	iam	21:57:20	21:59:02	00:01:42	

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
30364	iam	22:08:35	22:13:11	00:04:36	
30331	iam	22:34:43	22:44:09	00:09:26	
30289	iam	06:58:47	07:05:48	00:07:01	
30325	ipt	07:08:13	07:08:53	00:00:40	
30319	ipt	20:56:08	20:57:04	00:00:56	
30329	ipt	21:00:36	21:01:25	00:00:49	
30327	ipt	21:05:17	21:06:25	00:01:08	
30345	ipt	21:08:52	21:09:40	00:00:48	

CÓDIGO	TIPO ITEM	INÍCIO	FIM	TOTAL	IMAGEM
30350	ipt	21:12:52	21:13:36	00:00:44	
30324	ipt	21:17:12	21:18:31	00:01:19	
30287	iam	21:20:10	21:21:05	00:00:55	
TOTAL=				00:44:12	

Fonte: O Autor.

### 6.2.1-Observações sobre o teste de cadastro/estrutura com o PIIAI-10.

O teste foi realizado com o mesmo produto, e os mesmos componentes. Os códigos são diferentes porque o produto e seus componentes foram gerados novamente na base de testes. A base de testes está desatualizada em relação à base de produção, razão da diferença dos códigos dos itens. A diferença entre os tempos tomados é mais acentuada nos itens do tipo iam. Durante os testes foi constatado que o maior ganho é na formação das estruturas dos itens. O tempo da operação de cadastro de itens através do PIIAI-10 se mostrou semelhante ao cadastro de itens no ERP. Porém o PIIAI-10 apresenta a vantagem de que os itens são cadastrados em tempo real, ou seja, durante a modelagem do item no CAD. Outra vantagem do PIIAI-10 é que o projetista não necessita sair do ambiente CAD e entrar no ambiente do ERP, cada vez que necessita de um novo código, nem de esperar que o colaborador responsável pelo cadastro aloque uma série de códigos.

### 6.3-Cruzamento dos resultados.

Pode ser observado um ganho expressivo no uso do PIIAI-10 para gerar o cadastro de itens e estrutura. A tabela 11 apresenta o cruzamento dos resultados dos dois testes realizados para cadastro/estrutura de produto.

Tabela 11: Cruzamento dos resultados.

MÉTODO DE CADASTRO/ESTRUTURA	TEMPO TOTAL EM HORAS DECIMAIS	TEMPO MÉDIO POR ITEM EM HORAS DECIMAIS
MANUAL	2,35	0,138
PIIAI-10	0,833	0,049

Fonte: O autor.

A redução de 64,5% no tempo de cadastro/estrutura, através do uso do PIIAI-10 representa um ganho expressivo para o processo mensurado. Esta porcentagem tende a aumentar à medida que os usuários se acostumam com o uso do PIIAI-10. Outro ponto que poderá ajudar na redução de tempo será as melhorias que venham a ser implementadas ao PIIAI-10. Além da redução do tempo de cadastro/estrutura, também é importante, o tempo que um produto ou item fica numa “fila” de espera. Este tempo de espera se deve ao fato de que o colaborador que é responsável pelo cadastro/estrutura de itens, também participa como desenvolvedor. Muitas vezes existem três ou mais produtos a serem cadastrados/estruturados ao mesmo tempo, acarretando em um tempo médio de espera de 10 horas aproximadamente. Espera-se que com o uso do PIIAI-10, este tempo de espera deixe de existir na totalidade ou em pelo menos 90%. Porém este tempo de espera e o tempo de cadastro/estrutura somente poderão ser medidos com mais precisão, quando do uso contínuo do PIIAI-10.

## 7-DIFICULDADES ENCONTRADAS.

As primeiras dificuldades encontradas durante este trabalho foi na fase de análise e projeto. Estas dificuldades mostraram como é importante a participação de mais pessoas, nesta primeira fase. Com certeza pode-se fazer mais e melhor, quando o trabalho é em equipe. Também na fase de implementação algumas dificuldades foram encontradas, como já era esperado.

As principais dificuldades foram:

- Apesar do conhecimento do processo de modelagem CAD e cadastro/estrutura no ERP, a pouca prática na área de análise de sistemas do Autor, acarretou em uma demora maior na modelagem e definição do projeto do sistema estudado.
- Autor com pouca prática como programador, acarretou em um tempo maior do que o definido no cronograma para a implementação.
- Definição e implantação de novo processo de modelagem CAD na busca de maior alinhamento com o processo de produção e com o ERP.
- Tempo de espera para criação da base de testes, acarretando na demora para início da implementação.
- Demora na disponibilização das *procedures* de importação de dados, pela empresa fornecedora do ERP.
- Linguagem escolhida para implementação com algumas limitações, como: não permitir herança e polimorfismo entre classes, e ferramentas gráficas com funcionalidades reduzidas em comparação com tecnologias .NET e JAVA.
- Adequação do PIIAI-10 para suportar desenhos antigos, acarretando na necessidade de implementação de métodos e funções para tratar esta necessidade.

## 8-CONCLUSÕES FINAIS.

Neste trabalho foram apresentadas as principais técnicas de integração de aplicações, buscando-se um direcionamento das mesmas, para a integração entre aplicações CAD e ERP, que é o foco deste trabalho. A importância da integração de aplicações foi abordada com boa profundidade, através do referencial teórico, que buscou em trabalhos semelhantes, os pontos comuns mais relevantes que vieram reforçar a motivação e razão para o desenvolvimento deste estudo de caso. Por se tratar de um assunto relativamente novo, houve certa dificuldade em encontrar literaturas sobre integração de aplicações, razão pela qual o referencial teórico está baseado em trabalhos semelhantes, e sites de instituições como o CIMDATA, APICS, W3C e etc. A maioria dos trabalhos relacionados abordam a integração entre CAD e ERP através do uso de sistemas PDM, como um integrador, onde o PDM capta as informações do CAD e envia e recebe informações do ERP. Porém o uso dos sistemas PDM não foi abordado neste trabalho por ser um tipo de integração mais profunda e complexa. O uso de sistemas PDM envolve muitas mudanças em um ambiente de desenvolvimento de produto, e controle de produção, para que haja sucesso neste tipo de integração. Outro ponto referente ao uso de sistemas PDM, é que o ambiente propício para sua implantação envolve o conceito de Engenharia Simultânea (ES), o que não é algo trivial de ser implementado em uma organização (SIMONETTI 2002), (HARTLEY 1998).

Este trabalho apresentou um estudo de caso de uma integração direta entre um sistema CAD e ERP específicos conforme descrito no capítulo 4. A técnica escolhida dentre as apresentadas no referencial teórico foi a integração pelo uso de API, devido ao grau de integração ser baixo, poucas informações a serem enviadas do CAD ao ERP, e em um único sentido, proporcionando um nível de complexidade relativamente baixo (SIMONETTI 2002). Outro ponto a reforçar a escolha desta técnica foi o fato de que o sistema CAD envolvido na integração, disponibiliza uma API com um ambiente de programação, que oferece acesso facilitado às informações do arquivo CAD que são comuns às informações requeridas pelo ERP, na formação da estrutura do produto.

A proposta deste trabalho foi o desenvolvimento e implementação de um protótipo de uma interface de integração entre o CAD e o ERP da Empresa Seibt, sendo que na primeira parte, foram coletadas as informações referentes às técnicas de integração, as aplicações envolvidas e suas respectivas características. Também foram levantados os requisitos

necessários da interface de integração, e redefinidos os processos de desenvolvimento/desenho de produto, para o alinhamento com a estrutura das informações no ERP. Também foi desenvolvida a arquitetura da interface, utilizando-se de diagramas UML, para representar os casos de uso, diagramas de atividades, diagramas de sequências, diagramas de classes.

Dentro do contexto da proposta deste trabalho, o autor acredita ter alcançado o objetivo proposto, e respondido às questões de pesquisa apresentadas. Os resultados coletados se mostraram bastante expressivos. A redução de 64,5% no tempo de cadastro/estrutura mostrou o potencial que o PIIAI-10 possui para melhorar este processo. Outro ponto muito importante é a precisão das informações enviadas ao ERP. Também a manutenção das estruturas dos itens torna-se mais fácil devido á visualização da estrutura do CAD e do ERP proporcionada pelo PIIAI-10.

Seguirá agora a fase de análise por parte dos usuários, diretores da Empresa Seibt e também da empresa que desenvolve o ERP. Esta análise irá definir se o PIIAI-10 será implantado na base de produção. Esta fase não faz parte do escopo deste trabalho.

Para trabalhos futuros o Autor deixa como sugestão o desenvolvimento de uma expansão do PIIAI-10 que poderia vir a atender a necessidade de gerar estruturas configuradas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALMEIDA Rodrigo. **Desvendando o OO4O**. Disponível em:

<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/330/desvendando-o-method-oo4o.aspx> Acessado em 01-11-2012.

AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY. Dictionary. (1992). 7.ed. Falls Church, American Production and Inventory Control Society.

<http://www.apics.org/dictionary/dictionary-information?ID=348> Acessado em 20-10-2012.

CAD/CAMFUNDAMENTALS. **CAE (Computer Aided Engineering)**. Disponível em

<[http://cadcamfunda.com/cae\\_computer\\_aided\\_engineering](http://cadcamfunda.com/cae_computer_aided_engineering)>Acessado em 14-10-2012.

CAIÇARA Júnior, Cícero. **Sistemas Integrados de Gestão- ERP: uma abordagem gerencial**. 3ª Ed. Revisada e atualizada. Curitiba: Ibpex, 2008.

CUNHA Mônica Ximenes C. da, JÚNIOR Marcílio Ferreira de S. ALMEIDA Hyggo Oliveira de. **Dificuldades com integração e interoperabilidade de sistemas de informação nas instituições públicas de ensino**:- um estudo de caso no CEFET-AL. XII SIMPEP. Bauru, SP, Brasil, 07 a 09 de novembro de 2005.

<[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=newssearch&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.simpep.feb.unesp.br%2Fanais%2Fanais\\_12%2Fcopiar.php%3Farquivo%3DCunha\\_MXC\\_Dificuldades%2520com%2520int.pdf&ei=0Cx2UJH9EsjO0QGGyID4Ag&usg=AFQjCNGMc2-NIUxNtHeV4PVtUyrL7PdaAw&sig2=MIhMXHx8systemwUeLH4Ye-Q](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=newssearch&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.simpep.feb.unesp.br%2Fanais%2Fanais_12%2Fcopiar.php%3Farquivo%3DCunha_MXC_Dificuldades%2520com%2520int.pdf&ei=0Cx2UJH9EsjO0QGGyID4Ag&usg=AFQjCNGMc2-NIUxNtHeV4PVtUyrL7PdaAw&sig2=MIhMXHx8systemwUeLH4Ye-Q)>

Acessado em 10-10-2012.

DE SORDI, J. ; MARINHO, B.. **Integração entre Sistemas**: análise das abordagens praticadas pelas corporações brasileiras. RBGN Revista Brasileira de Gestão de Negócios, América do Norte, 923 07 2007.

<<http://200.169.97.104/seer/index.php/RBGN/article/view/75/69>>Acessado em 01-09-2012.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados** / Ramez Elmasri, Shamkant B. Navathe ; trad. Daniel Vieira ; rev. técnica Enzo Seraphim, Thatyana de Faria Piola Seraphim. 6ªed. São Paulo: Pearson, 2011.

FRANCISCHINI Prof<sup>o</sup>. Dr. Paulino Graciano, LAUGENI Prof<sup>o</sup>. Fernando Piero. **O Tratamento da Manufatura nos Sistemas ERP**. Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Produção – FEI : Faculdade de Engenharia Industrial -São Paulo.

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0171.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0171.PDF)> Acessado em 19-09-2012.

FIGUEIREDO, André César de; ROMEIRO FILHO, Eduardo. **As práticas de sistemas CAD e sua contribuição: um survey na indústria metal-mecânica mineira**. Prod., São Paulo, v. 21, n<sup>o</sup>2, junho 2011. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132011000200016&lng=pt&nrm=iso)

65132011000200016&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 14 out. 2012. Epub 20-Maio-2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132011005000024>.

GUERRERO Vander, ROZENFELD H. **Proposta de Classificação de Sistemas PDM**. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA (COBEM 99) – Águas de Lindóia – SP – 22 a 26 de Novembro, 1999. [A267]

<[http://143.107.238.243/grupos\\_numa/grupo\\_ei/Projetos%20EI/Txtei0075.pdf](http://143.107.238.243/grupos_numa/grupo_ei/Projetos%20EI/Txtei0075.pdf)>

Acessado em 19-09-2012.

HARTLEY, John R.. **Engenharia simultânea**: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Bookman, 1998. 266 p.

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos e ao desenvolvimento iterativo**/ Craig Larman; tradução Rosana Vaccare Braga...[et al.].- 3<sup>a</sup> Ed.- Porto Alegre: Bookman, 2007.

LAUDON, Kenneth. **Sistemas de Informação gerenciais**/ Kenneth Laudon, Jane Laudon. Trad. Luciana do Amaral Teixeira. Rev. Belmiro Nascimento João. 9<sup>a</sup> ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2010.

LEE, Kunwoo, **Principals of CAD/CAM/CAE Systems**. Ed. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA ©1999.

MARTINS, Victor Manuel Moreira. **Integração entre Sistemas de Informação: Perspectivas, normas e Abordagens**. 2005. 218 f. Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho Guimarães.

[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/5657/3/tese\\_mestrado\\_victor\\_martins\\_2005.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/5657/3/tese_mestrado_victor_martins_2005.pdf)>Acessado em 10-10-2012.

MATOS, L. M. **Integração de sistemas de manufatura**:Das Ilhas de automação às empresas virtuais. *Revista INGENIUM* [Ordem dos Engenheiros], 2<sup>a</sup> série, N<sup>o</sup> 56, Mar 2001,

pp.68-74, ISSN 0870-5968.< <http://www.uninova.pt/cam/is/IntegrSistemas.doc>>Acessado em 11-10-2012.

NEVES, José Manoel Souza das, SANTOS Fernando César Almada. **Implantação De Tecnologias de Informação Utilizadas na Integração entre o Chão de fábrica.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR640476\\_9216.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR640476_9216.pdf)> Acessado em 10-10-2012.

OMOKAWA, R., ROZENFELD H. **Definição De Critérios Para O Auxílio De Seleção**

**De Sistemas PDM.** Departamento de Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia de São Carlos – USP Av. Dr. Carlos Botelho 1465 - CEP 13560-250 - São Carlos – SP  
<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998\\_ART387.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART387.pdf)> Acessado em 21-09-2012.

PINTO Herbert L. Mendes, BRAGA José Luis. **Sistemas Legados e as Novas Tecnologias:** técnicas de integração e estudo de caso. Artigo, 2004

<[http://www.ip.pbh.gov.br/ANO7\\_N1\\_PDF/IP7N1\\_mendespinto.pdf](http://www.ip.pbh.gov.br/ANO7_N1_PDF/IP7N1_mendespinto.pdf)> acessado em 27-09-2012.

REZENDE, Denis Alcides, ABREU, Aline França de. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informações Empresariais.** Denis Alcides Rezende, Aline França de Abreu. - 2. Ed. – São Paulo: Atlas, 2001.

ROMEIRO FILHO, Eduardo. **CAD na indústria:** implantação e gerenciamento. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. 176 p.

ROZENFELD, H.; OLIVEIRA, C. B. M.; Estruturação e Identificação de Produtos em Ambientes Integrados. Máquinas e Metais, 100-119. Outubro 1998[A240]

[http://www.numa.org.br/grupos\\_numa/grupo\\_ei/Projetos%20EI/Txtei0045.pdf](http://www.numa.org.br/grupos_numa/grupo_ei/Projetos%20EI/Txtei0045.pdf)

Acessado em 05-10-2012.

ROZENFELD H., ZANCUL Eduardo de Senzi. **Identificação Das Funcionalidades De Desenvolvimento De Produtos De Um Sistema Erp.** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos Núcleo de Manufatura Avançada Av. do Trabalhador Sãocarlense, 40013560-250–São Carlos–SP–Brasil.

<<http://www.ipen.br /biblioteca/cd/conem/2000/CC8808.pdf>> Acessado em 19-09-2012.

SANTANA Luiz Henrique, SILVA Leandro Libério da. **Integração de Sistemas: um estudo de caso do Sistema de Agendamento de Relatórios de uma Instituição Financeira**. 2009. Curso de Tecnologia em Sistemas para Internet do Centro Universitário de Belo Horizonte.

<http://revistas.unibh.br/index.php/dtec/article/view/452/250>. Acessado em 14-10-2012.

SILVA, Luis Antonio Lopes da. **A Arte de Integrar Sistemas: Compartilhamento de Informações de Diferentes Áreas de Negócios**, 2007. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) – Curso de Ciência da Computação da Faculdade de Jaguariúna, Jaguariúna.

<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=4&cad=rja&ved=0CDQQFjAD&url=http%3A%2F%2Fbibdig.poliseducacional.com.br%2Fdocument%2F%3Fdown%3D76&ei=S-uCUMeCMKWw0AHZyYFg&usg=AFQjCNH1-nxgdlFK0nahrsCec3pr9mSdNw&sig2=fgb0N0duPcmaKRpAqNtfGA>

Acessado em 20-10-2012.

SILVA, Roberto Andrade da. **Migração e integração de sistemas Legados**. Trabalho de Conclusão apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista. UFRG - Instituto De Informática Curso de Especialização em Desenvolvimento, Segurança e Qualidade na Internet. Porto Alegre, dezembro de 2005.

[http://saloon.inf.ufrgs.br/twiki-data/Docs/OnlineDoc20051215221254/Monografia\\_Roberto.pdf](http://saloon.inf.ufrgs.br/twiki-data/Docs/OnlineDoc20051215221254/Monografia_Roberto.pdf) Acessado em 04-10-2012.

SIMONETTI, Marcos Leandro. **Análise das Funcionalidades da Integração entre Sistemas CAD/PDM e ERP**. 2002. 157 f. Dissertação (Mestrado) – ITA. Divisão de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Campo Montenegro, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 2002 <<http://www.bd.bibl.ita.br/tesesdigitais/000493431.pdf>> Acessado em: 18/08/2012.

SOUZA Adriano Fagali de, COELHO Reginaldo Teixeira. **Tecnologia CAD/CAM : Definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril**.

XXIII Encontro Nacional de Eng<sup>a</sup>. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2003.<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR0504\\_0920.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0504_0920.pdf)>

Acessado em 19-09-2012.

TAMBORLIN Marcelo Octávio, SCHÜTZER Klaus. **Aplicação do Sistema PDM no Desenvolvimento de Produto**. 19º Congresso de Iniciação Científica. Tema: Ambiente e Sustentabilidade. 8 a 10 de Novembro de 2011.

<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/9mostra/1/162.pdf>

Acessado em 21-09-2012.

TANENBAUM, Andrews S. 1944. **Sistemas Distribuídos: princípios e paradigmas**/ Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen; [tradutora: Arlete símile Marques; revisor técnico Wagner Zuchi]. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2007.

ZANCUL Eduardo Senzi, GUERRERO Vander, ROZENFELD Henrique, OLIVEIRA Cristiano Bevitori M.. **Análise das Abordagens de Integração entre Sistemas PDM e ERP. Núcleo de Manufatura Avançada-** USP. 2000. Artigo.

[http://www.numa.org.br/grupos\\_numa/grupo\\_ei/Projetos%20EI/Txtei0037.pdf](http://www.numa.org.br/grupos_numa/grupo_ei/Projetos%20EI/Txtei0037.pdf)

acessado em 01-09-2012.

ZAVALIK, Claudimir. Integração de Sistemas de Informação através de Web Services. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Computação, 2004. 71 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado)- UFRGS. Brasil, RS.

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4560/000457638.pdf?sequence=1>

acessado em 01-09-2012.