

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Mestrado em Engenharia Automotiva**

**Sistemas de Engenharia John Deere Brasil**

**Descrição de um Ambiente de Engenharia para o Século XXI**

**Luiz Eduardo Ramos**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Carlos Ricardo Trein, PhD  
Agronomia - PPGSOLOS/UFRGS  
Prof. José Antônio Esmério Mazzaferro, Dr  
Engenharia - PROMEC/UFRGS  
Prof. Milton Antônio Zaro, Dr  
Engenharia - ULBRA  
Prof. Telmo Roberto Strohaecker, Dr  
Engenharia - PPGEM/UFRGS**

**Orientador:**

**Prof. Vilson João Batista, Dr. Eng.**

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como  
requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade  
Profissionalizante – Engenharia Automotiva**

## **AGRADECIMENTO**

A todas as pessoas da John Deere que acreditam em sonhos e que trabalham comigo para transformar alguns deles em realidade. Em especial, meus agradecimentos ao Mário Santos e ao Jones Dalmolin que nos últimos anos tanto tempo gastaram conversando e me ensinando sobre o que é uma fábrica. Agradeço também aos técnicos e engenheiros que participaram e participam desta “mágica” diária que é o mundo da manufatura e que partilham comigo o amor pela profissão.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a meu avô Quintiliano por ter me feito ver que eu poderia fazer de minha vida o que quisesse. Ao meu pai Luiz por ter trabalhado muito duro para que pudesse fazer de minha vida o que eu quisesse. Ao meu filho Fábio por começar a acreditar que ele pode fazer de sua vida o que quiser desde que lute muito por isso.

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTO.....	2
DEDICATÓRIA.....	2
SUMÁRIO.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE QUADROS.....	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS.....	9
1.2 TEMA E OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Principal.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	13
2.1 SISTEMAS DE ENGENHARIA.....	13
2.1.1 CAD.....	13
2.1.2 CAM.....	19
2.1.3 Vantagens, Desvantagens dos Métodos.....	21
2.1.4 Requisitos Necessários a um Sistema CN.....	21
2.1.5 Controle Numérico Distribuído (DNC).....	22
2.1.4 Nesting.....	24
2.1.5 CAE.....	25
2.1.6 Sistemas de Gestão.....	26
2.2 MUDANÇAS DE PARADIGMAS.....	31
2.2.1 Paradigma de Revolução.....	33
2.2.2 Novas Metodologias.....	35
2.3 TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	36
2.3.1 A Meta de uma empresa.....	37
2.3.2 Indicadores da TOC.....	37
3 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO.....	39
3.1 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO NAS EMPRESAS MUNDIAIS [MAU87].....	39
3.2 BREVE HISTÓRICO DA JOHN DEERE BRASIL.....	42
3.3 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO NA JOHN DEERE BRASIL.....	47
4 ESTUDO DE CASO.....	51
4.1 INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE ENGENHARIA DA JOHN DEERE BRASIL.....	51
4.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ATUAL.....	54
4.2.1 Projeto Piloto da utilização do Pro/Engineer em Manufatura.....	57
4.2.2 Relevância da utilização de Pro/Engineer na fabricação de chapas.....	61
4.2.3 Utilização em modelagem e fabricação de fundidos.....	65
4.2.4 Utilização em modelagem e fabricação de ferramental.....	71
4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE MANUFATURA DE CHAPAS ATUAL E ANTERIOR.....	75
4.3.1 Ciclo de Manufatura Anterior.....	76
4.3.2 Ciclo de Manufatura Pro/Engineer.....	77
4.3.3 Um novo modelo de custos para Sistemas de Engenharia.....	78

4.4. MÉTODO E HISTÓRICO DE TREINAMENTO.....	81
4.5 LIÇÕES APRENDIDAS .....	87
4.5.1 Por que deu certo ? .....	87
4.5.2 Ameaças.....	92
4.6 RESULTADOS ALCANÇADOS.....	94
4.7 FEEDBACK DA CORPORAÇÃO.....	96
4.8 MUDANÇAS NA ESTRUTURA DE PODER DA COMPANHIA .....	97
5 NOVOS PARADIGMAS - DESDOBRAMENTOS DOS SISTEMAS DE ENGENHARIA DA JOHN DEERE BRASIL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉC. XXI .....	99
5.1 PADRONIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE ENGENHARIA.....	99
5.2 MANUFATURA VIRTUAL.....	100
5.2.1 Conceito de Modelos Derivativos .....	100
5.2.2 Conceito de Manufatura Virtual.....	103
5.2.4 Conceito de Ferramentas Eletrônicas ( E-Tools ).....	104
5.2.5 Conceito de Construção Virtual ( E-Building ).....	105
5.2.6 Manufatura Virtual na John Deere Brasil .....	110
5.3 PERFIL DO ENGENHEIRO DA JOHN DEERE NO SÉCULO XXI.....	116
5.3.1 Ambiente de Engenharia na Grande, Média e Pequena Empresa .....	116
5.3.2 Características dos ambientes de engenharia da John Deere .....	117
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
7 SITES CONSULTADOS .....	126
8 ANEXOS.....	127
ANEXO 1 – COMO TUDO COMEÇOU .....	127
ANEXO 2 – CUSTOS, QUALIDADE E SERVIÇOS. NASCE UMA “ PAIXÃO” PELA “BIG BLUE” .....	129
ANEXO 3 – AINDA SOBRE FORNECEDORES.....	132
EPISÓDIO I – QUE SISTEMA DE CAD DEVO USAR ? .....	132
EPISÓDIO II – “PODE MUDAR QUE EU GARANTO” .....	134
EPISÓDIO III – “SE ELES USAM, NÓS USAREMOS TAMBÉM” .....	135
ANEXO 4 - PARADIGMA A QUEBRAR: DESIGN X MANUFATURA.....	135
ANEXO 5 – O TIMONEIRO E A QUEBRA DE UM PARADIGMA CORPORATIVO ....	138
ANEXO 6 – PARADIGMA A QUEBRAR – O DESENVOLVIMENTO DE PÓS-PROCESSADORES .....	139
ANEXO 7 – A LÓGICA COMPLETA .....	141
ANEXO 8 – O CURSO DE APRENDIZAGEM .....	144

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DO ERP DA JOHN DEERE BRASIL ( BAAN IV ).....	28
FIGURA 2 EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA EMPRESA HITACHI.....	41
FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DOS LOGOTIPOS DA EMPRESA: 1945 –1999.....	42
FIGURA 4 – PRODUTOS SLC 1947 - 1965 .....	43

FIGURA 5 – PRODUTOS SLC 1969 – 1983 .....	44
FIGURA 6 – PRODUTOS SLC – JOHN DEERE 1985 - 1996 .....	46
FIGURA 7 – COLHEITADEIRAS STS.....	47
FIGURA 8 – PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO DO PRO/ENGINEER.....	58
FIGURA 9 – RESULTADOS ALCANÇADOS COM O PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO .....	60
FIGURA 10 – UTILIZAÇÃO ATUAL DO PRO/ENGINEER NO DESENHO E MANUFATURA DE CHAPAS .....	61
FIGURA 11– PUNCIÓNADEIRA AMADA .....	64
FIGURA 12– CORTE LASER TRUMPH.....	64
FIGURA 13– FLUXO DO PROCESSO ANTIGO DE PROJETO E MANUFATURA DE FUNDIDOS .....	65
FIGURA 14– FLUXO DO ATUAL PROCESSO DE PROJETO E MANUFATURA DE FUNDIDOS .....	66
FIGURA 15– PEÇAS ESCOLHIDAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO-PILOTO .....	68
FIGURA 16– TEMPO DE USINAGEM DAS PEÇAS .....	69
FIGURA 17– TAMANHO DOS ARQUIVOS EM LINHAS .....	69
FIGURA 18– TAMANHO DO ARQUIVO EM KBYTES.....	70
FIGURA 19– CUSTOS FINAIS DE PRODUÇÃO .....	70
FIGURA 20 ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL .....	72
FIGURA 21– ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL .....	72
FIGURA 22– ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL .....	73
FIGURA 23 – MODELAGEM E MONTAGEM DE UM DISPOSITIVO DE FURAÇÃO .....	74
FIGURA 24 – DETALHAMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FURAÇÃO .....	75
FIGURA 25 – MODELO PARA TREINAMENTO PRO/ENGINEER .....	82
FIGURA 26 – EXEMPLO DE MATERIAL DE TREINAMENTO.....	87
FIGURA 27 – INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DE ENGENHARIA .....	96
FIGURA 28 – EXEMPLO DE CONSTRUÇÃO EM MANUFATURA VIRTUAL .....	104
FIGURA 29 – MOTOR MONTADO VIRTUALMENTE SOBRE PLATAFORMA DE TRANSPORTE.....	106
FIGURA 30 – PRODUTO COMPLETO MONTADO PARA ESTUDO DE TRANSPORTABILIDADE .....	106
FIGURA 31 – MONTAGEM VIRTUAL DE UMA FERRAMENTA DE FIXAÇÃO PARA SOLDA.....	107
FIGURA 32 – ANÁLISES ERGONÔMICAS.....	108
FIGURA 33 – ESTRUTURA DE PRODUTO NO MODELO DERIVATIVO .....	109
FIGURA 34 – ESTUDO DE ROTEAMENTO DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS .....	109
FIGURA 35 – CÉLULA DE ROBÔ DE SOLDA VIRTUAL E DETALHE DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.....	110
FIGURA 36 – ESTAÇÃO DE VISUALIZAÇÃO DE MODELOS DERIVATIVOS NO CHÃO DE FÁBRICA .....	111
FIGURA 37 – ESTAÇÃO DE VISUALIZAÇÃO DE INSTRUÇÕES DE MONTAGEM – LINHA DE TRATORES.....	111
FIGURA 38 – INSTRUÇÕES DE MONTAGEM DE PROTÓTIPOS.....	112

FIGURA 39 – SÍNTESE SOBRE UTILIZAÇÃO DE MODELOS DERIVATIVOS EM LAYOUT INDUSTRIAL.....	113
FIGURA 40 – LAYOUT 3D DA FÁBRICA DE TRATORES.....	114
FIGURA 41 – ESTUDO DE FRATURA DE CHAPA COM UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS FINITOS.....	115
FIGURA 42 – CYCO WORKFLOW – ANTIGO SISTEMA DE GESTÃO DA MANUFATURA.....	116

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – INTRODUÇÃO DE NOVOS CONCEITOS DE ENGENHARIA.....	49
QUADRO 2 – TEMPOS MÉDIOS DO PROCESSO ANTERIOR DE MANUFATURA.....	76
QUADRO 3 – PRINCIPAIS CONCEITOS RECENTEMENTE INTRODUZIDOS NA JOHN DEERE BRASIL.....	121

## **RESUMO**

Este trabalho procura sintetizar oito anos de experiência profissional na implantação de recursos de Sistemas de Engenharia nas unidades industriais da John Deere no Brasil.

No capítulo 2 são apresentados Fundamentos Teóricos ( conceitos básicos de Sistemas de Engenharia, fundamentos teóricos relativos a Mudança de Paradigmas e uma breve revisão sobre a Teoria das Restrições ) que embasarão a descrição da evolução do cenário tecnológico que atualmente compõe as operações de desenvolvimento de produto e de manufatura da John Deere no Brasil. Esta descrição é feita no capítulo 3.

O capítulo 4 descreve a implantação dos recursos de Sistemas de Engenharia atualmente em uso bem como faz estudos comparativos entre este ambiente e o ambiente anterior. Neste capítulo também são apresentados alguns dos resultados alcançados no novo ambiente.

No capítulo 5 são apresentados novos conceitos ( atualmente em implementação ) derivados do ambiente descrito assim como define o perfil profissional desejado pela companhia para os engenheiros que atuarão neste ambiente.

Nos Anexos são apresentadas descrições de eventos ou situações que de alguma forma influenciaram o atual ambiente de engenharia da companhia no Brasil.

# ABSTRACT

This work presents a synthesis of eight years professional experience on the implementation of Engineering Systems resources in the John Deere industrial operations in Brazil.

On the chapter 2 are presented theoretical principles ( Engineering Systems basic concepts, fundamentals related to paradigm changes and a brief revision about Constraint Theory ). These principles will base a description of the actual technological scenario where John Deere does its Product Development and Manufacturing works in Brazil. This description is done in chapter 3.

Chapter 4 describes the implementation of tge Engineering Systems resources actually been used as well as presents comparisons between this actual environment and the previous environment.

Chapter 5 present some new Engineering Systems concepts ( actually been implemented ) as well as defines a new professional profile fro the engineers that will work on this environment.

On the Appendix are presented descriptions of some events that somehow influenced the actual John Deere Brasil engineering environment.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A John Deere Brasil S.A, ao longo de seus 57 anos de história, tem caracterizado-se pelo pioneirismo tecnológico em seus produtos e em seus processos.

Aliados a este fator histórico, uma série de outros fatores criou um “caldo de cultura” que permitiu o desenvolvimento de um grande conjunto de ferramentas e processos cujo resultado é conhecido no âmbito da John Deere Brasil como “Sistemas de Engenharia”.

Este trabalho procura caracterizar este ambiente, descrevendo algumas de suas ferramentas e processos tanto de um ponto de vista técnico como de um ponto de vista histórico ( e em muitos momentos a contextualização sócio-histórica do ambiente em que operava a John Deere Brasil será fundamental para o entendimento a respeito de sucessos e fracassos na implementação de novas tecnologias ).

Esta caracterização prioritariamente objetiva sistematizar a compreensão deste conjunto de recursos o qual em função de sua complexidade, diversidade, grande volume de pessoas envolvidas, abrangência e, principalmente velocidade de evolução, não tem sido estudado pela John Deere Brasil com o cuidado que merece. Tal estudo vai servir de embasamento para a continuação do desenvolvimento de nossos “Sistemas de Engenharia”.

Por outro lado, a vivência de nove anos neste mercado especializado em fábricas e centros de engenharia no Brasil, Argentina, Estados Unidos e México ( e indiretamente na Alemanha ) permite concluir que algumas das lições aprendidas na implementação em Horizontina e, mais recentemente em Santo Ângelo, são universais e podem ser aproveitadas por qualquer empresa do setor metal-mecânico interessadas em utilização de tecnologia de sistemas em seus processos de engenharia.

De fato, ao longo destes anos em diversas ocasiões tivemos oportunidade de interagir com empresas brasileiras que desejavam trilhar o mesmo caminho que a então SLC S.A. iniciou em 1993. Algumas das experiências com estas empresas são incluídas neste trabalho.

Utiliza-se como método, além da descrição e documentação clássicas, a conceituação de “Paradigma” e o embasamento teórico da “Teoria das Restrições”.

A necessidade de uma ferramenta de análise crítica é bastante evidente em um ambiente altamente tecnológico. Neste ambiente, a definição de critérios de validação de recursos não pode ser apenas técnica. Deve-se levar em conta também as facetas humanas dos processos envolvidos. A compreensão do conceito de “paradigma” é utilizado para analisar as resistências humanas a mudanças.

A técnica apresentada pela “Teoria das Restrições” é utilizada em parte para analisar criticamente alguns aspectos da implantação do conceito de Sistemas de Engenharia, principalmente no sentido de não perder-se a necessária vinculação com os objetivos básicos de qualquer empresa. Por outro lado, a inclusão de uma descrição sucinta desta técnica justifica-se uma vez que se trata de teoria fartamente aplicável na análise crítica como suporte a decisões no ambiente de Sistemas de Engenharia.

Utiliza-se também o recurso de pequenos registros de eventos paralelos ( Anexos ) que de alguma forma contribuíram para criação do ambiente de engenharia atualmente em utilização na John Deere Brasil. Prioritariamente serão tratados nestes registros paralelos fatos relacionados ao componente humano de nossos sistemas. Também são cobertos nestes Anexos temas que têm sido partilhados com as empresas que têm vindo buscar em Horizontina subsídios para suas decisões de negócios que envolvem Sistemas de Engenharia. Entre as empresas que recentemente buscaram este tipo de apoio estão a Guerra e Randon, ambas empresas do ramo automobilístico e sediadas na Região Sul.

Outro objetivo bastante sério deste trabalho é definir linhas de partida para vários desdobramentos do atual ambiente. Alguns destes desdobramentos são, neste momento, pequenos projetos-piloto em andamento; outros são projetos aguardando aprovação para inclusão em orçamento; outros ainda são ( e por que não ) sonhos povoando a imaginação de alguns engenheiros ( e não é assim que tudo começa ? ) .

Mais do que a simples documentação de um processo de implantação, este trabalho pretende ser um registro vivo (uma vez que os eventos sob estudo estão ocorrendo no momento da redação do mesmo ) e analítico do processo de introdução de uma nova tecnologia industrial .

## **1.2 TEMA E OBJETIVOS**

O tema desta dissertação é a descrição de um ambiente de desenvolvimento de engenharia de produto e de manufatura que utiliza de forma extensiva as mais modernas ferramentas de Sistemas disponíveis.

Uma solução completa de sistemas de engenharia tem como componente fundamental o elemento humano. O entendimento deste fato é fundamental para a compreensão do status atingido pela John Deere Brasil na utilização deste tipo de tecnologia.

Em julho de 2002 foi encerrada uma avaliação corporativa deste status. Os resultados não surpreenderam mostrando que em uma escala planetária ( pois esta é a escala das operações da John Deere ) os resultados alcançados em Horizontina são significativos. Este trabalho pretende mostrar como foram alcançados e desta forma ajudar as pessoas da John Deere Brasil que buscam o novo a descobrir a melhor forma de alcançá-lo. Para tanto olhamos um pouco para o passado, um pouco para o presente e muito para as pessoas que fazem esta empresa, estejam estas pessoas em Horizontina, Santo Ângelo, Catalão, Rosário ( Argentina ), Moline ( Illinois, EUA ), Monterrey ( México ), Mannheim ou Zweinbrucken ( Alemanha ).

Eventualmente as experiências aqui descritas serão de utilidade para outras empresas que operem em ambientes semelhantes.

### **1.2.1 Objetivo Principal**

Sistematizar o conhecimento adquirido e os métodos desenvolvidos nos anos de implantação dos Sistemas de Engenharia na John Deere Brasil.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Descrever de forma ampla o ambiente de Sistemas de Engenharia em uso na John Deere Brasil.

Identificar as melhores práticas desenvolvidas neste ambiente.

Identificar pontos fortes e potenciais ameaças ao modelo de implementação da solução de Sistemas de Engenharia adotada pela John Deere Brasil.

Identificar e descrever tendências e oportunidades presentes neste ambiente sugerindo implementações futuras.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 SISTEMAS DE ENGENHARIA

A seguir uma breve definição de algumas das tecnologias que compõe os Sistemas de Engenharia da John Deere.

#### 2.1.1 CAD

Com o contínuo avanço tecnológico, a soma de informações e conhecimentos que devem estar sob o domínio do engenheiro cresce ininterruptamente. Os sistemas CAD se propõem a auxiliar a manipulação e criação destas informações, sistematizando os dados de projeto envolvidos, possibilitando uma rápida reutilização de informações quando necessário.

Os sistemas CAD deveriam suportar qualquer atividade de projeto na sua criação, modificação, recuperação ou documentação. Apesar da sigla "CAD" incluir o termo "*Design*", observa-se que são poucos os casos em que o computador efetivamente projeta alguma coisa, servindo mais como uma ferramenta de auxílio à confecção de desenhos de engenharia ( e a completa compreensão deste fato provavelmente explica a maioria dos casos de insucesso em implementações desta tecnologia ). Sua maior contribuição ocorre no modelamento dos produtos e componentes, e no detalhamento de seus desenhos. Em alguns sistemas CAD, o termo "*design*" foi trocado por "*drafting*", tal sua aplicação como elemento puramente voltado a documentação do projeto, o que em alguns casos pode levar a sub-utilização do sistema .

Outros sistemas que atuam na área de cálculos de engenharia são chamados de CAE ("Computer Aided Engineering"), onde são realizadas outras atividades do tipo análise estrutural por elementos finitos (FEM), análise de escoamento, simulações multi-corpos, análise de tensões, etc ...

Existem algumas tentativas relacionadas ao desenvolvimento de sistemas que realmente possam tomar decisões no projeto, a grande maioria delas baseada em técnicas de Inteligência Artificial. Porém, devido às dificuldades em se capturar a lógica do processo de desenvolvimento de um projeto e à quantidade de dados envolvidos, a tarefa se torna bastante complexa, originando poucos resultados práticos.

Mesmo com essas dificuldades, os sistemas CAD são de extrema importância para o projeto. As vantagens oferecidas no apoio ao projeto podem ser comprovadas em muitas de suas etapas, indo desde uma melhor documentação e apresentação do produto, com melhoria da qualidade dos desenhos, diminuição de tempo e custos e aumento de produtividade geral, até um melhor gerenciamento do projeto.

Por outro lado, os sistemas CAD somente podem ter seu potencial totalmente aproveitado, inclusive justificando-se técnica e economicamente, se estiverem integrados ao processo produtivo como um todo. Em uma estrutura integrada, o CAD proporciona além dos ganhos intrínsecos ao projeto do produto, aumento da eficiência das funções relacionadas ao planejamento, fabricação e qualidade. Em outras palavras, o CAD deve estar integrado com outros sistemas como CAPP, CAM e sistemas de gestão da produção ( PCP, MRP, ERP ).

Atualmente existe uma variedade de opções que devem ser consideradas ao se analisar os sistemas CAD, dentre elas algumas caracterizam a funcionalidade do sistema, ou mesmo sua aplicabilidade integrada com outros. Considerando o tratamento dos dados existem hoje no mercado algumas variações, segue abaixo uma descrição sobre os sistemas 2D e sobre os 3D.

### **Sistemas 2D**

Uma das vantagens de se usar CAD 2D é o rápido treinamento de operadores, geralmente habituados ao uso das pranchetas comuns. Mas o seu uso é limitado, correndo o risco de transformar o sistema em uma simples prancheta eletrônica, pouco mais produtiva que as pranchetas comuns.

Para algumas aplicações a representação 2D é suficiente, como por exemplo em projetos de esquemas elétricos, hidráulicos, circuitos e placas eletrônicas, onde não há necessidade de informações volumétricas. Também na criação de vários tipos de croquis, para suportar a produção por exemplo, o CAD 2D é mais apropriado. Neste caso ele deve trabalhar em conjunto com um sistema CAPP, que seria responsável pelo gerenciamento dos dados representados no croquis (como lista de ferramentas, instruções de montagem e/ou inspeção, etc..)

No projeto mecânico tem-se utilizado a representação 2D para o desenvolvimento de desenhos de conjunto, pois são mais facilmente alterados. Nessa fase emprega-se grande número

de peças normalizadas, que são incluídas no desenho de forma interativa, o que confere uma grande produtividade a esta atividade. Empresas do setor mecânico de pequeno e médio porte preferem utilizar sistemas 2D, pois além do menor custo de aquisição e treinamento de seus funcionários, esse sistemas exigem máquinas menos poderosas. Entretanto, existe hoje no mercado uma série de sistemas 3D que se propõem a preencher essa lacuna (ver 7 – SITES CONSULTADOS ). b

O grande retorno da utilização de CAD 2D está na reutilização das informações, uma vez que é bem mais fácil recuperar e modificar um desenho eletrônico, do que um desenho realizado de forma convencional.

### **Sistemas 3D**

O modelamento 3D apresenta as dificuldades que são próprias do processo de desenho, pois o projetista é obrigado a considerar as três dimensões simultaneamente. Em alguns casos, a utilização do modelo 3D é imprescindível, como, por exemplo, na aplicação de análises por elementos finitos para verificação de tensões, escoamento, temperatura, etc. e ainda quando há a necessidade de se calcular o volume, propriedades de massa e eixo de inércia e verificação de interferências.(vide CAE )

A seguir são citados os principais métodos de representação 3D:

### **Modelagem por Wireframe**

No passado a modelagem por *wireframe* era o principal método utilizado pelos sistemas CAD, possibilitando ligar linhas entre pontos nos espaços 3D, permitindo a criação de modelos espaciais e garantindo a consistência de vistas 2D derivadas e cotação associada.

Com o avanço tecnológico e maior capacidade de processamento dos computadores, esses sistemas começaram a ser substituídos pelos baseados nos métodos de modelagem sólida. Isto também aconteceu em parte devido a dificuldade de uso dos wireframe quando necessário incorporá-los em *softwares* de análise ou manufatura, já que não possuem nenhum tipo de informação relacionada a características físicas dos componentes reais.

### **Modelagem Solida CSG (Constructive Solid Geometry)**

Sistemas que são capazes de realizar a modelagem sólida são muito mais poderosos que simples modeladores baseados em *wireframe*. Esses programas são usados para construir componentes que são objetos sólidos, e não simplesmente uma malha de linhas traçadas.

Um modelo CSG é uma árvore binária constituída de objetos primitivos e operadores booleanos. Os primitivos são representados pelas folhas da árvore e os objetos mais complexos são os nós. A raiz da árvore representa o produto completo. Cada primitivo é associado com uma transformação 3D que especifica a posição, orientação e dimensões. Este método caracteriza-se por compor modelos a partir de sólidos.

Utilizando sólidos para modelar os componentes, eles passam a adquirir propriedades físicas como volume, e caracterizando sua densidade, conseguimos obter outras características como peso e massa. Assim o computador pode calcular várias propriedades físicas desses componentes, como centro de gravidade, momento de inércia, etc. Estes cálculos podem ser utilizados em componentes com formas irregulares, onde o cálculo manual se torna extremamente difícil e trabalhoso. Além de facilitar o uso do modelo em softwares de análise.

Este método possui algumas limitações, sendo a principal a presença de um conjunto limitado de operações e primitivos, o que por consequência limita as possibilidades de criação por parte do projetista.

### **Modelagem Solida Brep (Boundary Representation)**

A modelagem Brep é baseada nas técnicas de modelagem de superfícies anteriormente existentes. A primeira geração de modeladores Brep representava objetos sólidos apenas por tabelas de faces, arestas e vértices. Assim ele somente suportava objetos com faces planas. Superfícies curvas eram modeladas por aproximação linear, num processo chamado "facetamento".

A segunda geração de modeladores Brep incluiu objetos primitivos com superfícies analíticas, como cilindros, esferas, cones, etc. Eles permitem a criação de modelos muito mais complexos com geometria "exata". Para tal foi necessário o uso de algoritmos de interseção muito mais complexos.

Outros desenvolvimentos em modelagem Brep foram dirigidos a melhorias na efetividade de operações booleanas através de, por exemplo, o uso de diretórios de ocupação espacial, o que reduz o número de verificações de interferência de face. Uma outra área de desenvolvimento foi a expansão do número de formas geométricas que podem ser modelados com Brep.

A modelagem Brep possui algumas vantagens sobre a CGS, principalmente no tocante a versatilidade na geração de modelos complexos e na velocidade de verificação de relações topológicas. Isto acontece devido a maneira como o Brep registra as informações do modelo, armazenando os parâmetros das arestas de forma explícita.

### **Modelagem Sólida Híbrida**

Os métodos de modelagem sólida CSG e Brep são frequentemente combinados para gerar modelos de componentes. Cada um desses métodos possui suas limitações, e componentes de difícil criação fazendo uso de um ou outro, podem ser gerados mais facilmente usando uma combinação de ambos os métodos.

A maioria dos sistemas modeladores sólido comerciais são híbridos utilizando tanto o método CSG quanto o Brep.

### **Modelagem Sólida baseada em Features**

Um feature pode se definido como um elemento físico de uma peça que tem algum significado para a engenharia. Ele deve satisfazer as seguintes condições:

- ser um constituinte físico de uma peça;
- ser mapeável para uma forma geométrica genérica;
- ser tecnicamente significativa, sob o ponto de vista da engenharia; e

- ter propriedades predizíveis.

O significado técnico de feature pode envolver a função à qual um feature serve, como ele pode ser produzido, que ações a sua presença deve iniciar, etc. Features podem ser pensados como 'primitivas de engenharia' relevantes a alguma tarefa de engenharia.

A modelagem por features vem ganhando espaço principalmente dentro da engenharia mecânica. O método permite criar furos, chanfros, rasgos, etc, para serem associados com outras entidades ou faces. A modelagem por features é baseada na idéia de se desenhar utilizando *building blocks* - blocos de construção. Ao invés de se usar formas analíticas como paralelepípedos, cilindros, esferas e cones como primitivos, o usuário cria modelo do produto usando primitivos de maior nível que são mais relevantes para sua aplicação específica. Esta abordagem deveria fazer com que os sistemas de modelagem sólida ficassem mais fáceis de serem usados. Entretanto, o conjunto fixo de features oferecido pelos atuais modeladores é muito limitada para uso industrial, o que limita as possibilidades do projetista. Assim fica claro que os features devem ser adaptáveis aos usuários e que a biblioteca de features deve ser extensível.

Os esforços para especificação formal de uma linguagem de especificação de features, iniciados em 1990, proporcionaram que a versão mais nova do STEP incluísse features definíveis pelo usuário através de uma linguagem padrão de especificação de features.

### **Modelagem Sólida Paramétrica**

A modelagem sólida paramétrica permite que se crie modelos de produtos com dimensões variacionais. As dimensões podem ser ligadas através de expressões. Ligações bidirecionais entre o modelo e o esquema de dimensionamento permite a regeneração automática de modelos depois de mudanças nas dimensões e atualização automática das dimensões relacionadas. Na figura a seguir observa-se um modelo de um eixo escalonado em que a dimensão do diâmetro menor depende do diâmetro maior através da equação  $D_a = D_b/2$ . Caso a dimensão do diâmetro maior seja alterada, a dimensão do diâmetro menor é automaticamente alterada. Caso a dimensão do eixo menor seja alterada, a dimensão do eixo maior pode se automaticamente calculada pela inversa da função relacionamento.

Nem todos os sistemas CAD paramétricos provêm esta bi-direcionalidade, devido a complexidade que isto envolve, o que penaliza o projetista, pois este tem que pensar na estruturação das ligações dimensionais antecipadamente, sem o que a alteração do modelo pode implicar em que ele seja refeito.

## **2.1.2 CAM**

Podemos definir CAM como auxílio via computador da preparação da manufatura, representando as tecnologias usadas no chão de fábrica, dizendo não só a respeito da automação da manufatura, como: CNC (Comando Numérico Computadorizado), CLP (Controle Lógico Programável), coletores de dados (DNC), como também a tomada de decisão, plano operacional, etc.

Apesar de toda esta abrangência, o termo CAM , as vezes, ainda é sinônimo da programação CN, conceito que ficou muito difundido com a sigla CAD/CAM, que representa módulos de programação CN em sistemas CAM.

### **2.1.2.1 Funções da Programação CN**

Os sistemas CN normalmente são utilizados para o cálculo do caminho da ferramenta, a partir da representação geométrica da peça disponível na forma computacional. Outra opção é a simulação final do programa, onde pode-se visualizar a usinagem. Com essas duas funções citadas é possível obter com boa precisão do tempo principal da operação, pois seu cálculo é determinístico, dependendo dos movimentos da máquina

Os comandos de um programa CN são os responsáveis pelo acionamento de uma máquina CNC, informando todas as etapas de fabricação de uma determinada operação de uma peça . Uma linha de comando de um programa CN pode conter informações sobre o movimento da ferramenta (movimento rápido, interpolação, etc...), informações tecnológicas (velocidade, avanço, etc...), ou informações que acionam funções auxiliares (ligar refrigerante, eixo árvore, etc...). A obtenção dessas informações depende sobre tudo dos dados da peça a ser usinada, considerando-se as limitações da máquina, as características do CNC e da ferramenta .

### 2.1.2.2 Métodos de Programação CN

#### **Programação Direto na Máquina - MID (Material Data Input)**

Esse método de programação descreve a programação direto no chão de fábrica, sendo viabilizado devido aos recursos dos novos CNC. Neste método, o programador, com a geometria à disposição, define o percurso da ferramenta e transforma em linguagem (função de máquina). É utilizado em eventuais modificações, para otimização de programas na máquina, e na programação de peças relativamente simples em oficinas de fabricação.

#### **Programação Manual**

Neste caso, o programador interpreta o desenho da peça, calcula os pontos da trajetória da ferramenta, preenchendo um formulário que poderá ser digitado ou enviado diretamente ao operador da máquina, que digitará diretamente nela. Esse tipo de programação tem sido facilitada pela utilização de ciclos automático, sendo de fácil execução para geometrias não muito complexas.

#### **Programação Auxiliada por Computador:**

O mais tradicional método de programação auxiliada por computador é o que utiliza a linguagem APT ("Automatically Programmed Tool"). A função do programador, utilizando esse método, é escrever o programa fonte, aonde definisse a geometria da peça e/ou o percurso da ferramenta, via definição de forma padronizada pela linguagem de entes geométricos e funções auxiliares. Esse programa fonte é trabalhado por um processador, que realiza os cálculos geométricos, determina o contorno da ferramenta e gera um arquivo neutro (CLDATA ou CLFILE) independente da máquina. Posteriormente esse arquivo é pós-processado, gerando um arquivo específico a máquina.

Um segundo método é aquele executado pelos modernos sistemas CAD/CAM, onde a entrada é o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. Interativamente, no módulo CAM do sistema, inicia-se a programação CN que gerará um arquivo neutro.

Num terceiro novo conceito de programação CN, conhecido na Alemanha como WOP ("Wertattsortierierte Programmierung"), o usuário inicia a programação a partir de um sistema CAD e trabalha interativamente, definindo os parâmetros geométricos, de ferramentas e

tecnológicos, através de ícones gráficos. Gera-se também um arquivo neutro, que posteriormente será pós-processado.

### **2.1.3 Vantagens, Desvantagens dos Métodos**

A programação direto na máquina e a programação manual, apresentam o inconveniente de não serem produtivas, pois gasta-se muito tempo no cálculo da trajetória da ferramenta. Também, o programador tem de conhecer os códigos específicos de cada marca e modelo. Como agravante à programação direto na máquina, tem-se o fato da máquina permanecer parada durante a programação.

A vantagem dos programas auxiliados por computador está no fato da não necessidade da realização dos cálculos da trajetória, transferindo esse trabalho para os recursos computacionais.

A grande desvantagem das programações auxiliadas por computador, apesar da geração do arquivo neutro (CLDATA), é a necessidade de um pós-processador para cada tipo de CN. No caso da utilização da linguagem APT, tem-se também a necessidade de se otimizar o programa, o que muitas vezes é feito diretamente pelo operador da máquina, tornando o programa neutro incompatível com o programa fonte. Os sistemas CAD/CAM, apresentam também o inconveniente de serem fechados, não permitindo a integração com outros módulos CAD/CAM, não atendendo as necessidades de um ambiente CIM. A grande vantagem desse método está na facilidade da construção geométrica e na visualização do processo.

*Nota: para uma discussão a respeito da aplicabilidade e importância do domínio da técnica de desenvolvimento de pós-processadores ver Anexo 6 – Paradigma a quebrar : o desenvolvimento de pós-processadores.*

### **2.1.4 Requisitos Necessários a um Sistema CN**

- Possibilitar a integração com sistemas CAD para diminuir esforços de digitação de dados geométricos;

- ❑ Trabalhar integrado com sistemas com sistemas CAPP para possibilitar uma integração dentro de um ambiente CIM;
- ❑ Possuir estrutura modular, para garantir sua implantação gradual e possibilitar expansões;
- ❑ Oferecer uma interface comum de programação para facilitar a comunicação dos usuários, tanto a nível de escritório quanto no futuro, na programação na máquina CN;
- ❑ Executar cálculo automático das coordenadas da ferramenta, baseado na geometria da peça, verificação e testes, livrando o usuário para a realização de tarefas voltada ao planejamento de processos, eliminando tarefas mecânicas e repetitivas;
- ❑ Simular os programas gerados;
- ❑ Possuir uma base de dados para cadastramento de diversas máquinas CN, para ser possível a geração dos programas para as diferentes máquinas CN;
- ❑ Possuir interface amigável formada por ícones, facilitando o aprendizado a técnicos menos experientes;
- ❑ Possuir uma tabela de mapeamento do local de armazenagem do programa CN, com sua respectiva identificação, para possibilitar a transmissão DNC.

### **2.1.5 Controle Numérico Distribuído (DNC)**

Os primeiros sistemas DNC foram implementados no final da década de 60 nos EUA e Japão, para gerenciar e distribuir os programas CN. Esperava-se a simplificação do gerenciamento e distribuição de programas, maior velocidade na transmissão dos dados, e maior confiabilidade na operação de transmissão. Inicialmente restringiam-se ao gerenciamento e distribuição dos programas. Em seguida, surgiram comandos simplificados, onde parte das funções do CN eram deslocadas para o computador, barateando-se o hardware do CN, mas aumentava-se o risco de parada da linha.

Atualmente, pode-se dizer que o DNC possui várias funções:

- ❑ integração de outros setores da empresa (engenharia, produção,...);

- ❑ integração de sistemas CAD com máquinas CN;
- ❑ gerenciamento e distribuição de programas CN;
- ❑ correção de dados;
- ❑ aquisição e processamento de dados da produção e de máquinas CN;
- ❑ funções parciais de controle da produção e do fluxo de materiais.

Diversas são as formas de realização destas funções. A forma clássica, que pode ser chamada de DNC terminal, utilizando-se o terminal anteposto à máquina operatriz intermediando a transmissão de dados. Desse modo o comando centralizado de funções não é possível, sendo a iniciativa da transmissão dos dados a cargo do operador.

Uma segunda forma, pode ser chamada de DNC remoto. Ela permite o comando centralizado, e é necessária quando robôs e máquinas operatrizes são utilizadas no contexto de sistemas flexíveis de manufatura. Neste caso os programas são transmitidos e a máquina é preparada remotamente para a usinagem. A decisão da transmissão parte do computador controlando a linha.

#### **2.1.5.1 Benefícios do DNC**

Pode-se listar as seguintes vantagens de utilização do DNC:

- ❑ maior velocidade e segurança na transferência de informações do que quando utilizamos outros meios ;
- ❑ utilização de componentes padronizados;
- ❑ melhor organização e maior capacidade disponível para o armazenamento dos programas CN;
- ❑ maior racionalização do trabalho e rapidez na tomada de decisões;
- ❑ controle dos dados da produção em tempo real;
- ❑ ajuda a integração da empresa

## **2.1.4 Nesting**

Nesting é uma sofisticação do CAM convencional que pode ser definido como um conjunto de técnicas ou algoritmos pela qual geometria CAD é extraída e distribuída numa “chapa” virtual de uma forma otimizada. Assim como no CAM convencional, o ambiente de Nesting também deve permitir a definição dos caminhos de corte das ferramentas. Uma vez definidos estes caminhos de corte ( a partir da disposição otimizada das peças na “chapa” virtual ) os mesmos serão traduzidos por pós-processadores específicos para cada máquina ( na verdade para cada comando de cada máquina pois observa-se que o mesmo modelo de máquina CNC fabricada em momentos diferentes poderá ter alterações em seu Comando Numérico que criarão a necessidade de modificações no pós-processador ).

Dentro desta tecnologia existem duas linhas ou áreas a explorar:

### **2.1.4.1 Nesting Estático**

Neste caso o operador de determinada máquina CNC de posse de seu planejamento de produção ( ou de suas ordens de fabricação ) e conhecedor das diferentes chapas disponíveis, dos diferentes tempos de setups e desempenho de sua máquina, utiliza localmente um software de Nesting para otimizar o corte das peças que lhe toca fazer acomodando-as nas diferentes espessuras de chapa de acordo com seu julgamento.

### **2.1.4.2 Nesting Dinâmico**

O software de Nesting, neste caso, é interfaceado com o MRP da companhia ( o qual estará decidindo coisas como a seqüência de fabricação das peças, quantas de cada, onde cada peça será utilizada na linha de montagem, etc ).

Conceitualmente a troca de informações entre o sistema de Nesting e o MRP devem prover uma solução geometricamente otimizada para o corte das peças.

*Nota: A experiência da John Deere com softwares de Nesting pode ser resumida nas seguintes idéias:*

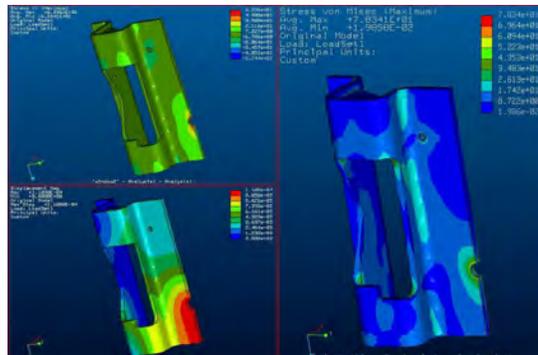
- ❑ *existe um significativo ganho potencial para a utilização de Nesting em produtos que utilizam extensivamente chapas. Tanto no caso do Nesting Estático como no Dinâmico existem experiências muito bem sucedidas na companhia.*
- ❑ *Em geral os principais fabricantes de máquinas CNC desenvolvem seus próprios softwares de Nesting ( em geral Estáticos ) e em pelo menos um caso ( Corte Laser Triumph ) o software de CAM original da máquina manteve-se como a melhor solução possível sem concorrência no mercado.*
- ❑ *A utilização dos softwares de Nesting Dinâmico é limitada freqüentemente pela complexidade dos fluxos de produção. Uma mesma máquina de corte laser, por exemplo, no caso da operação de Horizontina, estará fabricando peças para três diferentes linhas de produtos. A necessidade de peças para diferentes produtos ( isto é, para diferentes volumes e timings ) torna necessário um quase permanente estado de redefinição dos programas o que torna a utilização de Nesting Dinâmico praticamente inviável.*
- ❑ *Numa operação mais simples certamente o conceito mostrar-se-á viável. Tivemos uma experiência na fábrica em Catalão ( Colheitadeiras de Cana ) onde o Nesting Dinâmico teve sucesso servindo a apenas uma linha de produto.*
- ❑ *Embora inegavelmente o corte de chapas permanecerá como uma disciplina importante nos fluxos de produção da John Deere, é necessário observar-se a rápida e abrangente introdução de tecnologia de plásticos substituindo a utilização de chapas em nossos produtos, tanto em peças pequenas como em peças grandes ( como as blindagens laterais das colheitadeiras, por exemplo, grandes consumidoras de recursos de corte de chapas até então ). Este processo de substituição de peças de chapa por plástico certamente porá em discussão a continuidade do desenvolvimento de novas ferramentas de Nesting.*

### **2.1.5 CAE**

Engenharia Auxiliada por Computador ( Computer-Aided Engineering ) é a disciplina da utilização de computadores na simulação de comportamentos ( deformações, estresses, fluxos de

fluidos, vibrações, ruídos, etc ) de componentes mecânicos e sistemas. Estas simulações objetivam complementar a prototipagem real ( geralmente demorada e cara ) e são feitas baseadas em modelos matemática dos problemas físicos. Estes modelos são resolvidos através de diferentes procedimentos numéricos como por exemplo o Método dos Elementos Finitos ( FEM - Finite Element Method ).

CAE é muito proximamente relacionado ao CAD e ao CAM e é responsável pela validação ( prototipagem virtual ) de um produto qualquer como um telefone celular, um disco rígido de computador, um carro, uma ponte, um avião ou um motor.



## 2.1.6 Sistemas de Gestão

Com o avanço da Tecnologia da Informação as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades. Geralmente, em cada empresa, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Por exemplo, o departamento de planejamento da produção utiliza um sistema próprio e o departamento de vendas utiliza outro. Dessa forma, a informação fica dividida entre diferentes sistemas.

Os principais problemas dessa fragmentação da informação são a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema. Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) solucionam esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas.

Os sistemas ERP surgiram a partir da evolução dos sistemas MRP (*Material Resource Planning*). Neles, foram agregados as funções de programação mestre da produção, cálculo grosseiro de necessidades de capacidade, cálculo detalhado de necessidade de capacidade, controle do chão de fábrica, controle de compras e, mais recentemente, *Sales & Operations Planning*. Dessa forma, os sistemas MRP deixaram de atender apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais, para atender às necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial sobre outros recursos de manufatura. O MRP passou, então, a ser chamado de MRP II (*Manufacturing Resource Planning* - Planejamento de Recursos de Manufatura).

Com o objetivo de ampliar a abrangência dos produtos vendidos, os fornecedores de sistemas desenvolveram mais módulos, integrados aos módulos de manufatura, mas com escopo que ultrapassa os limites da manufatura. Como exemplo, foram criados os módulos de Gerenciamento dos Recursos Humanos, Vendas e Distribuição, Finanças e Controladoria, entre outros. Esses novos sistemas, capazes de suportar as necessidades de informação para todo o empreendimento, são denominados sistemas ERP.

Os sistemas ERP são compostos por uma base de dados única e por módulos que suportam diversas atividades das empresas. A figura abaixo apresenta uma estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP. Os dados utilizados por um módulo são armazenados na base

de dados comum e utilizados por todos os módulos

<b>Baan IV - Common</b>	Tabelas Logísticas	<b>Módulos Novos - JDB</b>
	Tabelas Fiscais	
	Tabelas Financeiras	
	Empresa	
	Cliente	
	Fornecedor	
	Funcionário	
	Parâmetros	
<b>Baan IV – Finance</b>	Contabilidade	
	Contas a Receber	
	Contas a Pagar	
	Fluxo de Caixa	
	Custos	
	Orçamento	
<b>Baan IV – Distribution</b>	Itens	
	Controle de Compras	
	Controle de Vendas	
	Estoque	
	Livros Fiscais	
	Custo Padrão	
	Inventário	
<b>Baan IV – Manufacturing</b>	Controle Engenharia	
	Controle de Itens	
	Roteiro	
	MPS/MRP	
	SFC	
<b>Comercial</b>	E-Order	
	Serviço	
	Exportação	
	Importação	
	Reposição Peças	
<b>Order Fulfillment</b>	DFT	
	Métricas	
<b>Fábrica</b>	Interligação com Stpoint	
	Controle de Chassis	
	Kanban	
	Roteiro	
	Ferramentaria	
	Manutenção	
	Fundição	
<b>Engenharia</b>	Controle de Projeto	
	Controle de Decisão	
	Part Tracking	
	DPAR/PPAP	
	Controle Qualidade	
<b>Financeiro</b>	Estatísticas de Vendas	
	Fluxo de Caixa	
	Orçamento Investimento	
<b>Materiais</b>	Controle de Veículos	
	Avaliação Fornecedor	
	Achieving Excellence	
	Pedido Internos	

FIGURA 1 – ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DO ERP DA JOHN DEERE BRASIL ( BAAN IV )

Os módulos citados na figura acima estão presentes na maioria dos sistemas ERP. Além deles, alguns sistemas ERP possuem módulos adicionais, tais como: Gerenciamento da Qualidade, Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Manutenção, entre outros.

### Implantação de Sistemas ERP

As funcionalidades dos módulos de um sistema ERP representam uma solução genérica que reflete uma série de considerações sobre a forma que as empresas operam em geral. Para flexibilizar sua utilização em um maior número de empresas de diversos segmentos, os sistemas ERP foram desenvolvidos de forma que a solução genérica possa ser customizada em um certo grau.

Na implantação de um sistema ERP, a customização é um compromisso entre os requisitos da empresa e as funcionalidades disponíveis no sistema. Inicialmente, na maioria das vezes, os processos de negócio das empresas precisam ser redefinidos para que seus requisitos se

aproximem das funcionalidades do sistema. Então, a primeira medida de customização é a seleção dos módulos que serão instalados. A característica modular permite que cada empresa utilize somente os módulos que necessite e possibilita que módulos adicionais sejam agregados com o tempo. Em seguida, para cada módulo, são feitos ajustes nas tabelas de configuração para que o sistema se adeque da melhor forma possível aos novos processos de negócio. Mesmo com a customização, a solução pode não atender a alguns requisitos específicos das empresas. Nesses casos, as empresas precisam utilizar outros sistemas complementares ou abandonar seus requisitos específicos e adotar processos genéricos.

Por esse motivo, a decisão de implantação de um sistema ERP só deve ser tomada após uma análise detalhada dos processos da empresa e das funcionalidades dos sistemas ERP. Além disso, é muito importante que as empresas considerem, desde o início da implantação, os impactos que a redefinição dos processos e a introdução do sistema terão na estrutura, cultura e estratégia da organização.

### Benefícios na Utilização de Sistemas ERP

A utilização de sistemas ERP otimiza o fluxo de informações e facilita o acesso aos dados operacionais, favorecendo a adoção de estruturas organizacionais mais achatadas e flexíveis. Além disso, as informações tornam-se mais consistentes, possibilitando a tomada de decisão com base em dados que refletem a realidade da empresa. Um outro benefício da implantação é a adoção de melhores práticas de negócio, suportadas pelas funcionalidades dos sistemas, que resultam em ganhos de produtividade e em maior velocidade de resposta da organização.

### Utilização de Sistemas ERP no Processo de Desenvolvimento de Produtos

Apesar de não possuírem um módulo específico para o processo de desenvolvimento de produtos, os sistemas ERP tem diversas funcionalidades que suportam as atividades desse processo dispersas entre seus módulos. Entre essas funcionalidades estão: gerenciamento de dados de produtos, gerenciamento da BOM (*Bill of Materials*), planejamento de processo macro, APIs para sistemas CAD (*Computer Aided Design*) e gerenciamento de fluxo de trabalho.

Na aplicação de sistemas ERP no desenvolvimento de produtos, devem ser analisadas as sobreposições de funções entre esses sistemas e os sistemas de engenharia (CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM) e exploradas as possibilidades de integração entre eles.

### Sobreposição de Funções e Integração entre Sistemas ERP e PDM

Em geral, as sobreposições de funções entre sistemas ERP e PDM são:

Gerenciamento da Estrutura de Produto ou BOM

Gerenciamento de Mudanças de Produto

Gerenciamento dos Dados e Características do Produto.

O ponto comum de uma possível integração entre sistemas ERP e PDM é a Estrutura de Produto (BOM). Com a sobreposição de funções, o problema é como se obter vantagens competitivas na passagem dos dados da engenharia para a manufatura. Ainda não existe uma abordagem definida, mas algumas soluções possíveis são:

Transmissão, em uma direção, dos dados da BOM para o sistema ERP utilizando APIs (*Application Program Interface*) dos fornecedores de pacotes;

APIs bidirecionais nas quais o ERP envia para o sistema PDM informações necessárias para a análise de custo e modificações;

Possibilitar que o ERP obtenha a BOM diretamente do PDM quando esta for criada e mantenha estes dados com status de “em projeto” até que a atividade esteja completada. Enquanto isso os dados ficam sobre o controle do PDM.

Um dos benefícios de uma efetiva integração entre sistemas ERP e PDM deve ser a eliminação de dados redundantes e a redução do ciclo de transferência de dados da engenharia para a manufatura. Deve-se observar que, atualmente, alguns sistemas ERP estão incorporando às suas soluções funcionalidades completas de um sistema PDM, distribuídas ao longo de seus módulos.

### Sobreposição de funções e integração entre sistemas ERP e CAPP

A sobreposição de funções entre sistemas ERP e CAPP ocorre nas informações sobre seqüência de operações de fabricação, equipamentos utilizados e tempos (plano de processo macro).

Geralmente, os sistemas ERP dispõe de um módulo de Apoio à Gestão de Produção em Processos, no qual são geradas as informações do plano macro. Estas informações são básicas para o funcionamento do sistema. No entanto, os sistemas ERP não têm podem gerar e gerenciar todos os detalhamentos do plano de processo necessários em um ambiente de Engenharia Simultânea. Para gerar e gerenciar os detalhamentos do plano macro (FMEA, Plano de Controle, Condições de Usinagem, Ferramental, entre outros) é necessária a utilização de sistemas CAPP.

Como no caso da integração entre sistemas PDM e ERP, ainda não existe uma abordagem definida para a integração entre CAPP e ERP. Atualmente a transferência dos dados da engenharia para a produção muitas vezes ocorre por duplicação de atividades ou ainda por digitação dos dados no sistema ERP.

## **2.2 MUDANÇAS DE PARADIGMAS**

O termo "mudanças de paradigma" vem sendo muito utilizado na literatura empresarial. Muitos tentam rotular suas teorias como mudanças de paradigma pois essa conotação é muito bem aceita pelo mercado [NET 97].

Mudança de paradigma é bem aceita pelo mercado pois reflete algo inovador, mostra algo que vem mudar antigas formas de atuar para tornar-nos mais competitivos. Porém, poucas dessas "novas" teorias realmente são mudanças de paradigma.

Para entender o que são mudanças de paradigma precisa-se entender o que é um paradigma.

Para **Barker** [BAR 93], paradigma é: "um conjunto de regras e regulamentos (escritas ou não) que faz duas coisas: (1) estabelece ou define limites; (2) diz como devemos comportar dentro desses limites para sermos bem sucedidos."

Com isso, pode-se concluir que uma mudança de paradigma é uma mudança de pressupostos básicos do campo de conhecimento, uma mudança nas 'regras do jogo', um novo conjunto de regras. Paradigmas diferentes diferem significativamente em seus pressupostos básicos.

Como uma mudança de paradigma é a criação de um novo conjunto de regras (abandonando-se a maioria das regras anteriores), e como "quando estamos no meio de um paradigma, é difícil imaginar qualquer outro paradigma" , as pessoas que praticam o paradigma predominante não serão as pessoas que irão mudar o paradigma, na verdade elas serão contra qualquer mudança de paradigma.

Assim, uma mudança de paradigma não é algo suave. Como o título do livro de **Kuhn** [ KUH75 ] já sugere, uma mudança de paradigma é uma revolução. E uma revolução muda o *status quo*.

Quem geralmente faz revoluções? Certamente não são as pessoas que estão melhor posicionadas no *status quo* vigente, as pessoas que se destacam no paradigma predominante.

Existem duas categorias de "revolucionários" identificadas por Kuhn:

1. Um jovem que acabou de ser treinado. Ele estudou o paradigma, mas não o pôs em prática.
2. Uma pessoa mais velha mudando de área. Muito provavelmente a pessoa foi um perito em outra área e, por algum motivo, resolveu mudar completamente.

Precisa-se parar um pouco para examinar que vantagens essas duas categorias de pessoas têm em comum. Primeiro, as duas têm uma "inocência operacional" sobre a área em que acabaram de entrar. Elas não entendem muitos dos aspectos mais sutis da comunidade a que querem se juntar. Segundo, não sabem o que não pode ser feito. Por que isso é uma vantagem? Muitos simples, se você não sabe que não pode atingir algo, algumas vezes você consegue...a grande vantagem que essas pessoas têm é uma certa ignorância.... elas fazem perguntas "idiotas"... Elas não percebem que não deveriam desafiar as práticas correntes porque ainda não aprenderam essas proibições." [BAR 93]

### 2.2.1 Paradigma de Revolução

Os revolucionários, como são ignorantes em relação ao paradigma corrente ou são novos em relação a ele, não possuem senso de propriedade sobre o mesmo e, dessa forma, têm uma maior tendência a questioná-lo, a inovar. Os revolucionários não têm muito o que perder defendendo essa nova teoria, enquanto que os praticantes do paradigma corrente têm muito o que perder.

Kuhn diz que, os maiores nomes da área são contra a mudança de paradigma. Nada mais natural. Eles construíram sua carreira (muitas vezes brilhante) em cima do paradigma corrente, e é natural que eles não aceitem a opinião de 'leigos'.

Quando os defensores de um paradigma corrente falam de um 'revolucionário', eles geralmente afirmam que aquela pessoa não conhece nada da área em questão. A verdade é que os revolucionários não entendem muito do paradigma predominante, eles estão tentando trazer um novo paradigma para a área.

"Paradigmas novos colocam em grande risco todos os que praticam o velho paradigma. Quanto mais alta a posição da pessoa, maior o risco. Quanto melhor você for no seu paradigma, mais você investiu nele e mais coisas você terá de perder mudando o paradigma." [BAR 93]

Se não fosse a resistência a mudanças de paradigma o campo de conhecimento não evoluiria. Se todos mudassem constantemente, não desenvolveríamos uma teoria até o seu potencial.

"A transferência de adesão de um paradigma a outro é uma experiência de conversão que não pode ser forçada... A fonte dessa resistência é a certeza de que o paradigma acabará resolvendo todos os seus problemas e que a natureza pode ser enquadrada na estrutura proporcionada pelo modelo paradigmático. Inevitavelmente, em períodos de revolução, tal certeza parece ser obstinação e teimosia e, em alguns casos, chega realmente a sê-lo. Mas é também algo mais. É essa mesma certeza que torna possível a ciência normal (solucionadora de quebra-cabeças). É somente através da ciência normal que a comunidade profissional de cientistas obtém sucesso, primeiro explorando o alcance potencial e a precisão do velho paradigma e então isolando a dificuldade cujo estudo permite a emergência de um novo paradigma." [KUH 75]

Por que é que mudanças de paradigma acabam ocorrendo, quer as pessoas queiram ou não? Isso ocorre porque as metodologias se obsoletam. Para entender como isso acontece vamos analisar, brevemente, a evolução de uma metodologia.

Para que é que criamos uma nova solução para determinada coisa? Para eliminar alguns problemas e melhorar nossas vidas. A nova metodologia é baseada nos problemas que encontramos atualmente nesse campo. Se a metodologia criada e implementada for bem sucedida qual deve ser a consequência? Mudança da realidade. Se não mudarmos a realidade, não melhoramos nosso desempenho. Não estou dizendo que qualquer mudança é uma melhoria, mas sim que sem mudança não há melhoria.

Muda-se a realidade, o que acontece com a metodologia (políticas) criada, que mudou a realidade? Deve-se analisar essa questão um pouco melhor. Cria-se a metodologia baseada numa realidade que pretende-se mudar. Somos eficazes e mudamos a realidade, logo mudamos alguns, ou todos os pressupostos que foram a base da nova metodologia. O que podemos concluir disso? Que a nova metodologia vai ficar obsoleta e, quanto mais eficaz ela for, isto é, quanto mais rápido e melhor ela mudar a realidade, mais rápido ela irá se tornar obsoleta!

Este uso de uma metodologia que mudou em muito a realidade. Ela foi a grande responsável pela melhora significativa no nosso desempenho nesse campo, e por isso mesmo se tornou obsoleta. Mas temos a tendência de fazer extrapolações do passado, isto é, de achar que se algo funcionou muito bem até agora então vai continuar funcionando muito bem. Numa situação dessas não iremos estar abertos a mudanças. Muitas vezes o que acontece é que tenta-se adaptar a metodologia para tentar continuar melhorando, sem mudar os nossos pressupostos básicos. Faz-se seguinte raciocínio: "Funcionou tão bem até agora que não se deve mais parar de usá-la." Cria-se políticas e dogmas em cima dessa solução do passado. Vamos na contramão do bom senso. Acaba-se fazendo com que a grande solução do passado seja o grande problema do presente!

Se a solução mudou a realidade na qual ela foi baseada isso quer dizer que os pressupostos nos quais ela se baseou não são mais válidos. O que nos leva a concluir que não devemos achar que se algo funcionou no passado então vai continuar funcionando no futuro.

Essa conclusão leva ao que a grande maioria das pessoas está acreditando cada vez mais, que uma organização precisa criar um ambiente onde um processo de otimização contínua exista,

onde a mudança seja a política. É por isso que uma mudança de paradigma é bem vista, mas precisa-se ser mais cuidadosos quando denominamos algo uma mudança de paradigma.

### **2.2.2 Novas Metodologias**

As "novas" metodologias, que são denominadas mudanças de paradigma, continuam sendo baseadas nos mesmos pressupostos e regras das teorias 'antigas'. Os defensores dessas "novas" metodologias são, na sua maioria, pessoas que estão inseridas na teoria tradicional.

Uma teoria que muda um paradigma tem pressupostos significativamente diferentes da teoria que é utilizada no momento. Seu criador deve ser alguém, como Kuhn disse, completamente de fora da área em questão ou um jovem que acabou de ser treinado no paradigma atual. A metodologia deve ser abertamente criticada pela grande maioria das pessoas que se encontram no paradigma atual.

Os três seguintes itens mostram se é uma mudança de paradigma ou não:

1. Não compartilhar os pressupostos com o paradigma predominante;
2. Ser atacada pelos praticantes do paradigma predominante e;
3. Ter sido criada por alguém que não é um perito do paradigma atual.

Na maior parte das vezes que algo é chamado de mudança de paradigma verifica-se que nenhum dos três requisitos são verdadeiros. Na maioria das vezes o que acontece é que um perito da área em questão sofisticou o paradigma predominante, tornando-o mais complexo, e chama isso de mudança de paradigma.

Então, quando encontramos algo que dizem ser uma mudança de paradigma precisamos nos certificar que essas três coisas são verdade, caso contrário, não estaremos diante de uma mudança de paradigma.

O que está acontecendo é que o ambiente está cada vez mais dinâmico. Esse dinamismo faz com que nossas práticas administrativas se tornem obsoletas muito rapidamente. Nós não estamos acostumados nem preparados para lidar constantemente com mudanças. Há poucos anos não se tinha preocupação com esse tipo de mudança radical. Uma pessoa, durante toda sua vida, não precisaria passar por muitas mudanças de paradigma (muitas vezes não passava por

nenhuma). Já que a necessidade de se lidar com mudanças tão radicais não existia, nosso sistema educacional não se baseava em técnicas de solução de problemas mas sim em memorização.

## 2.3 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

O presente capítulo apresenta uma síntese da Teoria das Restrições, conceito proposto por Goldratt em 1987.

Segundo Goldratt, restrição é qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação a sua meta. A Teoria das Restrições (TOC) tem como objetivo principal, descobrir onde a bloqueio ou restrição. Como todo sistema a restrição ou seja uma fábrica é balanceada pela sua capacidade ou fluxo determinado pela velocidade das restrições.

A TOC encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. O desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os elementos do sistema. Um dos conceitos mais fundamentais é o reconhecimento do importante papel da restrição de qualquer sistema.

A analogia usada é comparar a empresa com uma corrente. Se tracionarmos uma corrente, onde ela quebrará? No seu elo mais fraco, na sua restrição. Logo, se queremos aumentar a resistência da corrente, onde devemos concentrar nossos esforços? No elo mais fraco, na restrição. A restrição do sistema é que dita seu desempenho, logo, se quisermos aumentar o desempenho do sistema precisamos identificar a restrição e explorá-la. Se aumentarmos a resistência de qualquer outro elo que não o mais fraco, não estaremos melhorando o desempenho da corrente como um todo.

A Teoria das Restrições consiste de três partes:

- 1- A ferramenta para resolver um conjunto de problemas chamada de teoria das restrições focando o processo. Para melhor qualquer processo é essencial responder três questões: O que mudar? Para que mudar? Como causar/motivar a mudança?
- 2- A ferramenta do gerenciamento diário/rotina , pode ser usada significativamente para vitalizar as habilidades do gerenciamento, através da comunicação, mudança efetiva, construção de equipe e sinergia e

3- Inovando, promovendo soluções criativas pela aplicação da teoria das restrições, por exemplo, aplicação específica de uma área, como introduzir uma meta , mercado, vendas, gerenciamento do projeto.

### 2.3.1 A Meta de uma empresa

A meta e condição de sobrevivência de uma empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro. Para fazer a ponte entre o Lucro Líquido e o Retorno Sobre o Investimento a TOC tem três medidas. Para julgar-se uma empresa se ela está indo em direção à sua meta são necessárias três perguntas simples: "Quanto dinheiro é gerado pela empresa? Quanto dinheiro é capturado pela empresa? E quanto dinheiro deve-se gastar para operá-la?".

### 2.3.2 Indicadores da TOC

**Ganho (G):** "índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas".

Ganho é definido como todo o dinheiro que entra na empresa menos o que ela pagou a seus fornecedores, esse é o dinheiro que a empresa gerou, o dinheiro pago aos fornecedores é dinheiro gerado por outras empresas. Ganho igual preço de venda menos o custo.

**Investimento (I):** "todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender".

**Despesa Operacional (DO):** "todo o dinheiro que o sistema gasta transformando Investimento em Ganho"; ou, "todo dinheiro deixado no sistema".

"Retirar o valor acrescido do inventário não significa que não temos estas despesas". Não há valor acrescido ao produto, todo o dinheiro que o sistema gasta transformando Investimento em Ganho é colocado nessa medida. Despesa Operacional é intuitivamente compreendida como todo o dinheiro que "temos que colocar constantemente dentro da máquina para mover suas engrenagens." Salários, desde o presidente da empresa até a mão-de-obra direta, aluguéis, luz, encargos sociais, depreciações, etc.

Precisa-se ter em mente que a restrição é o tempo disponível do recurso restritivo. Para aumentar o Ganho da empresa é necessário tirar o máximo possível desse tempo disponível.

É necessário dar preferência aos produtos que têm maior ganho, e ao mesmo tempo, dar preferência aos produtos que utilizam menos o tempo da restrição. Quando a empresa pode produzir mais do que o mercado quer comprar, a restrição é o mercado.

- **Inventário** - Goldratt define em A Meta que "tudo o que é investido no sistema, é investido no que se pretende vender".

## 3 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO

A tradicional fabricação em lotes sempre teve limitações inerentes. Os níveis de materiais em processo são elevados e a utilização da máquina é baixa. As operações gastam muito tempo à espera de algo acontecer, espera de máquina a ser preparada, espera para ser transferida ou aguardando que outros serviços sejam concluídos na máquina. A produção em lote freqüentemente exige vários abastecedores e seqüenciadores (acompanhadores), a fim de manter o fluxo nas instalações de fabricação.

Até a primeira metade do século, o desenvolvimento da indústria mecânica deveu-se especialmente ao lento e progressivo aperfeiçoamento das máquinas-ferramenta e às melhorias dos processos de organização do trabalho. A necessidade de crescentes volumes de produção levou ao desenvolvimento do torno-revólver, permitindo a rápida troca de ferramentas, dos tornos automáticos mono e multifusos, com seqüência automática de operações e posicionamento relativo peça-ferramenta comando por "comes", das linhas de usinagem tipo "transfer" da indústria automobilística, englobando a automatização da usinagem e do transporte. A par da lentidão deste desenvolvimento, verifica-se que o processo de automatização limitou-se ao setor de fabricação em massa.

### 3.1 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO NAS EMPRESAS MUNDIAIS [MAU87]

Levantamentos feitos nos países industrializados conforme Hartley mostram que, ainda hoje, 75% das peças fabricadas são produzidas em lotes menores que 50 unidades. Conclui-se, pois, que o desenvolvimento dos processos de automatização, característico até o fim da década de 50, não beneficiou a grande maioria das indústrias mecânicas.

A necessidade da alta precisão levou ao desenvolvimento de máquinas operatrizes de Controle Numérico (CN) para fins gerais. A primeira máquina de Controle Numérico (fresadora) foi desenvolvida em 1952 no *Servomechanisms Laboratory do M.I.T.*, usando idéias conceitualizadas por John Parsons em 1948. As primeiras máquinas operatrizes de comando numérico eram controladas por uma fita de papel. Cada operação levava um tempo específico.

Entretanto, quando era necessária uma nova ferramenta, precisava-se parar a produção para preparar a máquina. Cada ferramenta era trocada manualmente e tinha que ser ajustada tanto em direção como em ângulo. Ao mesmo tempo, o procedimento de preparação podia incluir uma fixação da peça, para que a próxima operação fosse executada numa seção diferente da peça. Além disso, podia ser necessário o movimento ou uma troca manual da peça. A concepção do controle numérico trouxe uma revolução total à indústria de máquinas-ferramenta e aos processos de fabricação, ensejando uma febril e fecunda atividade de desenvolvimento e permitindo visualizar uma enorme possibilidade de progresso[MAC87].

Com a idéia de eliminar o tempo de preparação e seu custo numa máquina operatriz, a *Ford Motor Company* desenvolveu em 1948, o conceito da troca automática de ferramenta. Quando necessário, uma particular ferramenta podia ser retirada automaticamente de um magazine e inserida no mandril durante seu uso. Contudo, somente após 10 anos é que Kearney Trecker construiu a primeira máquina de CN para utilizar a troca automática de ferramenta.

O próximo passo foi a integração de várias máquinas de CN. O primeiro sistema deste tipo foi desenvolvido em 1967 pela *Sundstrand Corporation* e em seguida pela *Cincinnati Milacron Company*. Por volta de 1970, foi construído o sistema de missão variável, sendo controlado por computador.

Na década de 70 foi o CNC ( Controle Numérico Computadorizado ), substituiu os CN pela programação (*software*) de minicomputadores e em 1975 os microcomputadores são incorporados ao armário de controle numérico. Uma lista das principais máquinas CNC atualmente em uso pela indústria pode ser encontrada em <http://www3.sympatico.ca/deepak/cadcam/machines.htm> .

Uma lista com os principais Comandos Numéricos pode ser encontrada em <http://www3.sympatico.ca/deepak/cadcam/controllers.htm> .

O primeiro sistema controlado por computador foi construído em 1968 pela *Sundstrand Company*. Aqui o computador substituiu a fita perfurada no controle de todas as operações de usinagem.

Por outro lado, em 1961 um estudante de doutorado do MIT chamado Ivan Sutherland (<http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/sutherland.html> ) iniciou experiências a respeito de comunicação entre homem e máquina utilizando gráficos em um computador TX2. O

programa que ele criou foi chamado “Sketchpad”. Este programa foi o avô de toda uma geração de softwares de CAD em uso até hoje [BIL91]. Uma lista bastante completa dos sistemas de CAD/CAM atualmente em uso pode ser encontrada em <http://www3.sympatico.ca/deepak/cadcam.htm> .

O “Sketchpad” era capaz de traçar linhas ( utilizando uma “lighpen” ) , criar e armazenar objetos, desenhar na escala fixa de 2000:1 e executar zoom (<http://www.sun.com/960710/feature3/sketchpad.html#sketch> ).

O conceito de Tecnologia de Grupo nasceu em paralelo (*Group Technology*), com a filosofia básica de reunir as máquinas por grupos de famílias de peças.

O FMS ( Sistema Flexível de Manufatura) é , basicamente , a aplicação da Tecnologia de Grupo utilizando-se máquinas CN, robôs e sistemas automatizados. Tudo isto acontecia em 1970.

Em 1980 entra a geração e desenvolvimento de programas CN e os Sistemas Flexíveis de Fabricação são aplicados em larga escala.

A figura abaixo mostra a evolução na empresa Hitachi [MOU 87].

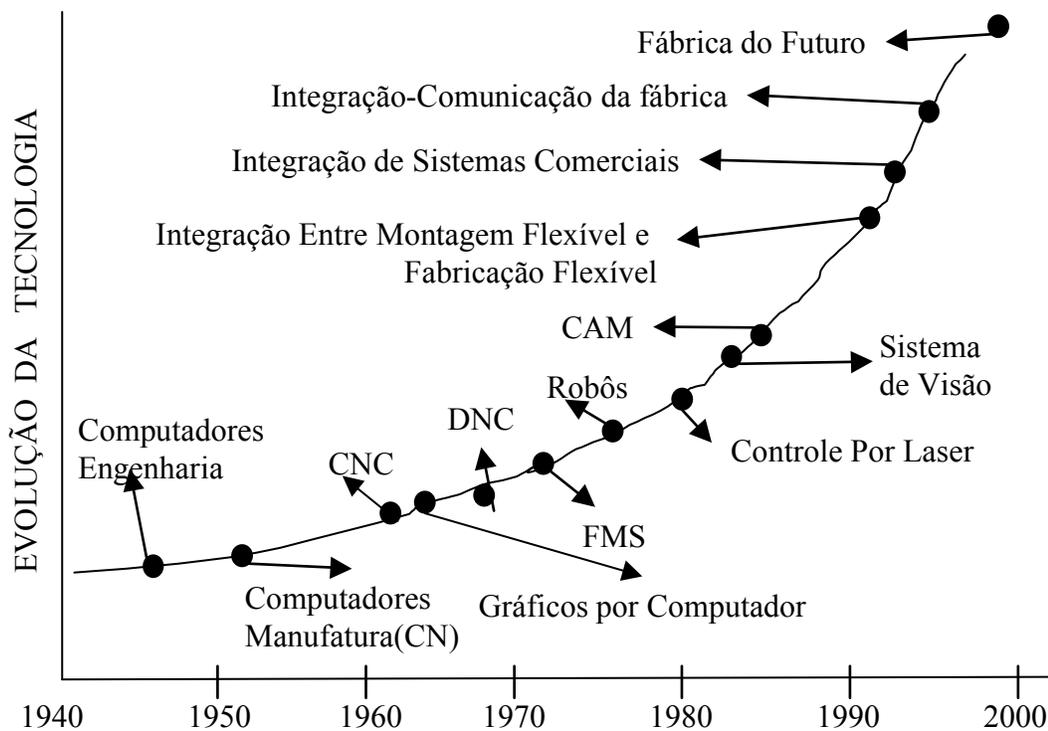


FIGURA 2 EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA EMPRESA HITACHI

### 3.2 BREVE HISTÓRICO DA JOHN DEERE BRASIL

Originalmente fundada pelo engenheiro alemão Frederico Jorge Logemann e por Balduino Schneider em 1945, a Schneider Logemann e Cia era na verdade uma oficina de reparos destinada a atender às necessidades dos colonos em termos de consertos de ferramentas e peças. Rapidamente a empresa agregou uma serraria, um moinho e um gerador de energia que fornecia luz ao então povoado de Belo Horizonte.

Em 1947 os sócios Frederico e Balduino, atendendo a pedidos de clientes, resolveram instalar uma pequena ferraria e uma carpintaria rudimentar. Deste modo a empresa começou a reparar implementos agrícolas e a capacitar-se para a fabricação de máquinas singelas destinadas ao beneficiamento da madeira tais como serras circulares, serras-fita, lixadeiras, etc, além de alguns implementos agrícolas. Logo a empresa fornecia estas máquinas e equipamentos para toda a região. A evolução foi natural até o lançamento da primeira trilhadeira estacionária do país, iniciando-se assim do ciclo de mecanização da agricultura no Brasil.

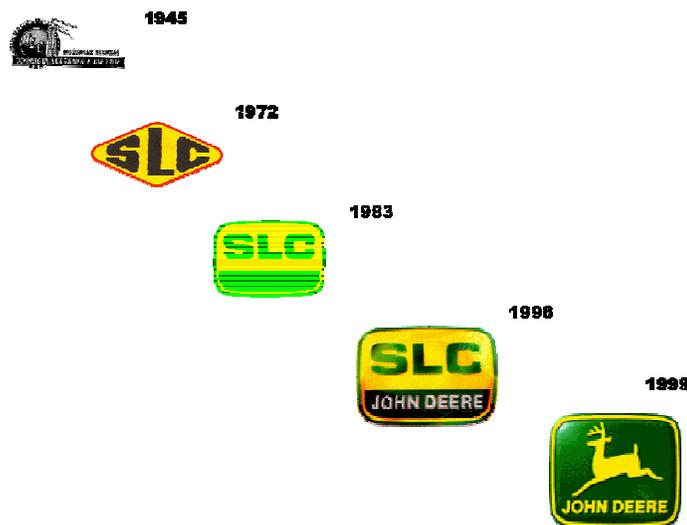


FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DOS LOGOTIPOS DA EMPRESA: 1945 –1999

A seguir apresenta-se uma súmula dos principais eventos na história da SLC John Deere.

1945 – Fundao da Schneider Logemann & Cia

1947 - Trilhadeira Estacionária SLC

1957 – Colheitadeira Rebocada SLC A-180

1965 – Colheitadeira Autopropulsada SLC 65-A ( Primeira do Brasil)

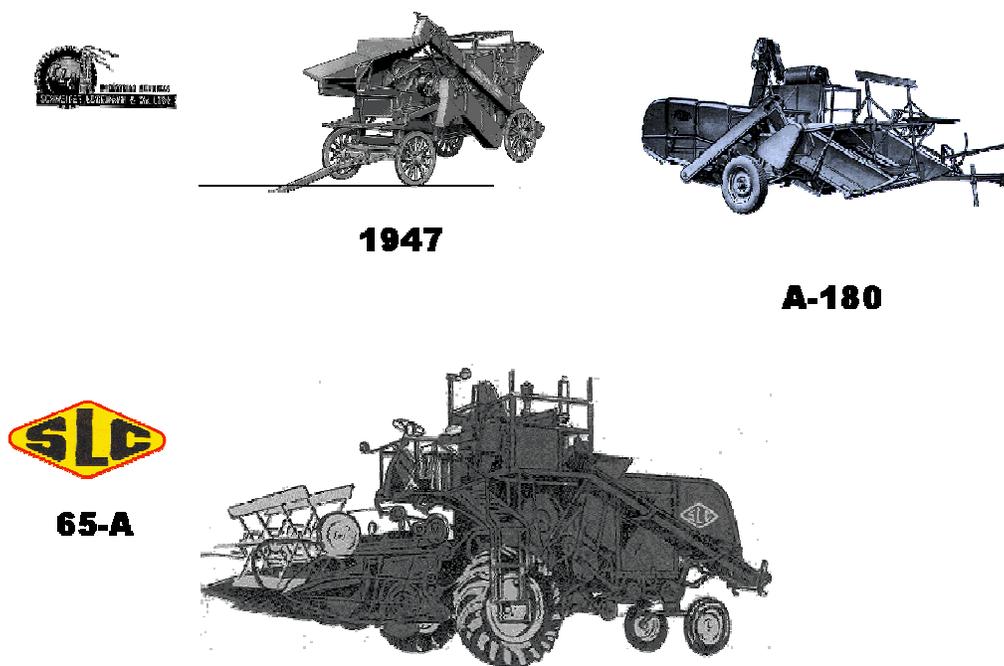


FIGURA 4 – PRODUTOS SLC 1947 - 1965

1969 – Colheitadeira 1100 (1)

1977 – Plataforma de corte de milho

1979 – SLA S.A. Indústria e Comércio ( 20 % John Deere )

Colheitadeira SLC 2000 (2)

1980 - Colheitadeira SLC 2200 com Plataforma de Corte Flexível (3)

1983 – Colheitadeira SLC 6200 (4)

Adoção da cor Verde John Deere

Novo Logotipo

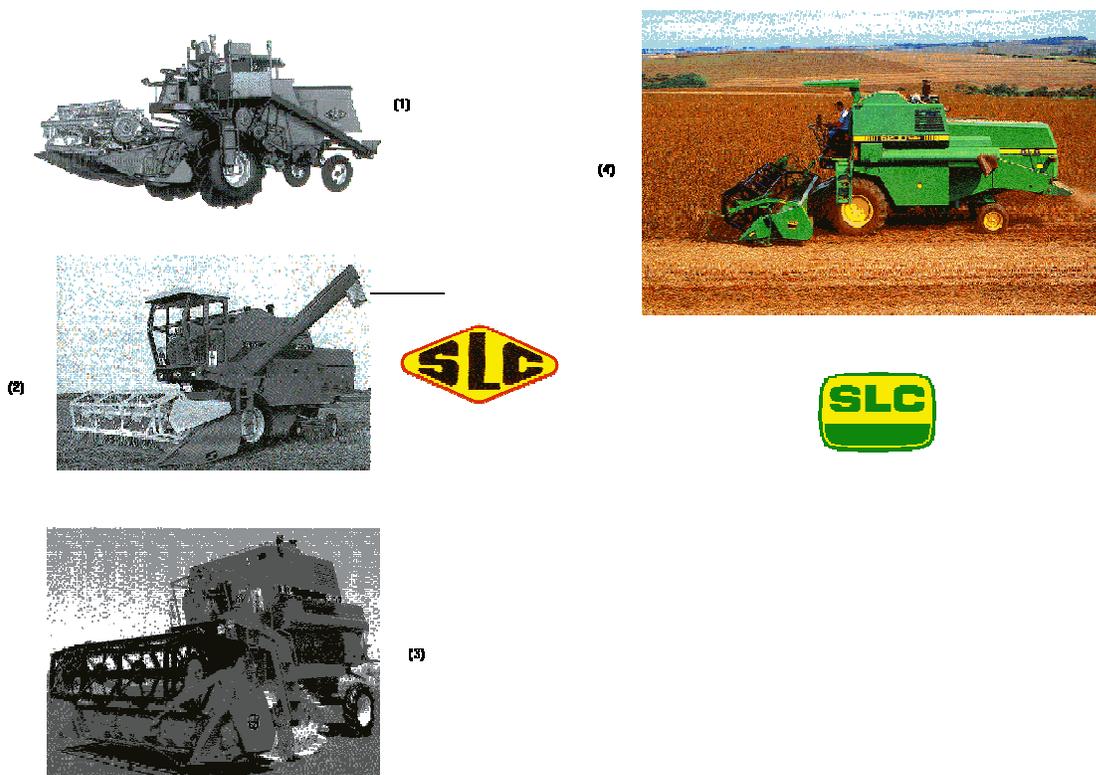


FIGURA 5 – PRODUTOS SLC 1969 – 1983

1985 – Colheitadeira 6200 Turbo e Hydro/4

Plantadeiras 600/700 ( figura a seguir )

1987- Colheitadeira SLC 7200

1991- Colheitadeira SLC 7100

1993 - Colheitadeiras SLC 6300 – 7300 – 7500 – 7700

1994 - Colheitadeiras 8500 – 8700 ( figura a seguir )

1995 - 50 Anos SLC

1996 - SLC – John Deere S.A. ( 40 % Deere & Co. )

Novo Logotipo ( figura abaixo )

Tratores SLC-John Deere 5000 – 6000 – 7000 ( figura a seguir )

1997 – Colheitadeira 1170 Exportação ( Europa )

Colheitadeiras 1165 – 1175 – 1185

1998 – Plantadeiras Série 900

1999 – Deere & Co. adquire 100 % da SLC-John Deere



FIGURA 6 – PRODUTOS SLC – JOHN DEERE 1985 - 1996

2001 - A Companhia troca sua denominação social para John Deere Brasil S.A. e inicia o uso do novo logo mundial da John Deere.

Introdução da Série de Colheitadeiras 1450/1550 .

2002/03 - Introdução da produção da Série de Colheitadeiras STS no Brasil, novas plataformas de corte e plataformas para milho.

Instalação do novo sistema de pintura (E-coat) para suportar os requisitos de qualidade e produção da STS



FIGURA 7 – COLHEITADEIRAS STS

A linha completa e atual de produtos John Deere no Brasil pode ser encontrada em

<http://www.johndeere.com.br/listagemprodutos.asp>

### **3.3 EVOLUÇÃO DO CENÁRIO TECNOLÓGICO NA JOHN DEERE BRASIL**

Buscando avanços tecnológicos desde sua fundação, em 1965 lançou no mercado brasileiro a primeira colheitadeira motorizada. Após dez anos adquiriu a primeira máquina de controle numérico CN por cartão perfurado. Esta foi a primeira máquina CN fora do eixo Rio-São Paulo e provavelmente a terceira no país.

Em 1983 adquiriu a primeira máquina CNC. Um aumento em peças usinadas era agregado ao produto em forma de pequenos lotes. A partir desse ano, várias máquinas CNC foram incorporadas ao processo para atender características específicas da manufatura da então SLC-John Deere.

Para atender a estrutura do produto é adquirido o programa Sacil (MRP) em 1985 .

Compras e Engenharia do produto passam a trabalhar juntos, um na elaboração do item e outro com fornecedores e sub-fornecedores para itens novos e ou modificados.

Com aumento dos produtos em sua linha de fabricação e mais flexibilidade entre Engenharia do Produto e a Manufatura ( Engenharia do Processo e Produção ) implantou em 1993 conjuntamente o sistema de Projeto Assistido por Computador ( CAD ) e Fabricação Assistida por Computador ( CAM ). No ano seguinte, buscando maior flexibilidade entra no sistema o Comando Numérico Distribuído ( DNC ). Neste caso, o computador pode controlar, utilizando protocolos de redes, várias máquinas CNC simultaneamente, operando com programas e peças diferentes. As primeiras máquinas a usar o DNC foram puncionadeiras da marca Amada.

A comunicação com a fábrica torna-se uma realidade em 1998. Todos os sistemas são compartilhados facilitando a comunicação entre os vários processos, linhas de montagem, compras, engenharia do produto, serviços e vendas.

Entra na unidade fabril a primeira estação de robô conjugado na área de solda em 1995. Veio para atender um conjunto de peças de perfil longo e estruturado.

Em 1996 entra na Pintura um sistema de aplicação de tinta bicomponente chamado *Precision Mix*, com seleção de cor e limpeza automática de pistola, controlado por um CLP ( Controlador Lógico Programável ) que determina a quantidade de tinta aplicada nas peças de qualquer formato. O sistema trouxe uma redução da aplicação de tinta próxima dos 40%.

Para melhorar o processo de estamparia e corte e atender a demanda crescente de chapas, são adquiridas as primeiras máquinas de corte Laser em 1996. No ano seguinte, em 1997 inicia-se a utilização do sistema corporativo de geração de catálogos chamado *Compact*.

Buscando maior flexibilidade e encurtando o tempo do pedido até a entrega, em 1999 inicia-se a implantação do Sistema de Manufatura Sincronizada chamado de *OPT-ST Point*. Este sistema tem por objetivo diminuir o inventário em circulação, descobrir as restrições do processo, diminuir o tempo de circulação das peças até as linhas de montagem, etc.

Neste mesmo ano ( 1999 ), a adoção de um novo sistema CAD chamado *Pro-Engineer* veio estruturar e organizar o projeto do produto e ampliar as possibilidades da manufatura.

O Quadro a seguir ilustra de forma mais específica as mudanças ocorridas na área de Sistemas de Engenharia e as áreas da empresa afetadas diretamente.

<b>Ano</b>	<b>Novo Conceito</b>	<b>Áreas Imediatamente Afetadas</b>
1965	Primeira máquina CN ( cartão perfurado )	Manufatura
1983	Primeira máquina CNC	Manufatura
1985	Implantação do primeiro MRP da companhia ( Sacil )	Materiais, Manufatura e Enga. Produto
1993	Engenharia do Produto começa a utilizar sistemas CAD ( PCADAM da Dassault)	Enga. Produto
1993	Engenharia de Manufatura começa a utilizar sistemas CAD (AutoCAD)	Manufatura
1994	Engenharia de Manufatura começa a utilizar sistemas CAM ( SmartCam)	Manufatura
1994	Engenharia de Manufatura começa a utilizar sistema de Workflow (CYCO)	Manufatura
1994	Implantação de DNC ( Comando Numérico Distribuído ) (Digicon)	Manufatura
1995	Primeiro robô de solda	Manufatura
1996	Eng Manufatura começa a utilizar modelador sólido (Autodesk MDT)	Manufatura, Enga. Produto
1996	Primeiras máquinas de corte a laser ( Triumph )	Manufatura, Enga. Produto
1998	Começa o uso do Pro/ENGINEER na Eng Manufatura (piloto)	Manufatura, Enga. Produto
1999	Uso do Pro/E na manufatura ( produção )	Manufatura, Enga. Produto
2000	Uso de NC/SheetMetal e NC/Machining	Manufatura, Enga. Produto
2001	Começa o estudo e aplicações do VisMockup	Manufatura, Enga. Produto, Serviços
2001	Começa o estudo e aplicações do TopDown Design	Manufatura, Enga. Produto, Serviços
2002	Geração das primeiras OMS s utilizando-se o VisMockup	Manufatura, Enga. Produto, Serviços
2002	Implementação do VisMockup como visualizador de modelos no chão de fábrica	Manufatura, Enga. Produto, Serviços
2002	Todos os usuários treinados em Pro/ENGINEER ( Manufatura e Produto)	Manufatura, Enga. Produto, Serviços
2002	Primeiro contato com Manufatura Virtual	Manufatura, Enga. Produto, Serviços, Materiais
2003	Piloto de Manufatura Virtual na linha de montagem de tratores	Manufatura, Enga. Produto, Serviços, Materiais

**QUADRO 1 – INTRODUÇÃO DE NOVOS CONCEITOS DE ENGENHARIA**

Estreitando-se um pouco mais o foco deste estudo sobre os sistemas de CAD utilizados pela John Deere Brasil, podemos sintetizar de forma qualitativa as etapas pelas quais nosso sistema passou até seu estado atual.

- ❑ Desenho 2D em Papel
- ❑ Desenho 2D CAD
- ❑ Desenho 3D Wireframe
- ❑ Modelagem Sólida Baseada em Features
- ❑ Modelagem Sólida Paramétrica
- ❑ Modelos Derivativos
- ❑ Manufatura Virtual
- ❑ Colaboração com Fornecedores

O fato da John Deere Brasil ter passado por todas estas etapas, sem dúvida contribuiu para a consistência da utilização das diferentes tecnologias.

No entanto, seria sem dúvida viável para uma empresa que estivesse começando hoje a utilizar este tipo de tecnologia, iniciar pela Modelagem Sólida Paramétrica.

No capítulo dedicado a Revisão Bibliográfica encontram-se informações teóricas sobre as diferentes etapas do CAD até Modelagem Sólida Paramétrica. Uma vez que a tecnologia de Modelos Derivativos e Manufatura Virtual são ainda tecnologias em desenvolvimento, seu estudo foi incluído no capítulo 5 – Novos Paradigmas – Desdobramentos dos Sistemas de Engenharia da John Deere Brasil na Primeira Década do Século XXI.

O contato diário com empresas do setor automobilístico mostra que é possível encontrar ainda hoje no Brasil diferentes empresas operando em todos os níveis, inclusive no primeiro ( constatado apenas em pequenos fornecedores de implementos agrícolas ). Como curiosidade, em 2002 tive a oportunidade de visitar uma empresa fabricante de peças de reposição para máquinas agrícolas com cento e vinte empregados e um faturamento respeitável. Esta empresa operava ( e até onde sabe-se, permanece operando ), em um nível mais primitivo ainda, sem qualquer tipo de desenho. A informação sobre as peças está ou na forma de modelos físicos das peças ou é parte do conhecimento empírico de alguns funcionários.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE ENGENHARIA DA JOHN DEERE BRASIL

Em 1993 a então SLC Indústria e Comércio decidiu implantar processos de CAD e CAM ( ver Anexo 1: Como tudo começou ... ).

Naquele momento a aproximação com a John Deere indicava a necessidade da companhia preparar-se para adotar a nova tecnologia de desenvolvimento de produto. Em particular, o primeiro desenvolvimento conjunto ( Horizontina, Waterloo / EUA , Monterrey / México ) planejado para execução naquele ano tinha como premissa a capacidade de receber e analisar desenhos de engenharia em formato compatível com Professional CADAM ( ao migrar para plataforma Windows passou-se a chamar Catia Cadam Drafting. Informações adicionais podem ser encontradas em <http://www.cadam.com/> ).

Neste período, após estudos da situação do mercado e da caracterização de necessidades em termos de “padronização de ambiente de engenharia” em relação a John Deere, concluiu-se que fazia sentido pensar-se separadamente em dois sistemas distintos.

Esta definição baseou-se em dois fatores.

a) Os custos do sistema utilizado pela John Deere eram extremamente altos para permitir sua disseminação nos volumes necessários para um sistema de CAD e CAM na então SLC ( ver Anexo 2: Custos, Qualidade de Serviços, etc. Nasce uma paixão pela Big Blue ).

b) Não havia suporte no Brasil para o sistema utilizado pela John Deere. Uma vez que o impacto de deficiências de suporte seriam muito rapidamente sentidos ( problemas com o CAM, por exemplo, podem afetar muito rapidamente a produção ) optou-se por adotar na manufatura um sistema mais disseminado no país ( e portanto com mais suporte disponível )

Deste modo, desenhou-se o sistema segundo os seguintes requisitos.

Um “*Sistema de CAD*” que permitisse à Engenharia de Produto receber, manipular e enviar para fabricação desenhos originários da John Deere. Naquele momento, os projetos que estavam em desenvolvimento na SLC S.A. eram feitos nas diferentes Engenharias do Produto da John Deere utilizando o CADAM ( rodando em Mainframes ) e logo a seguir o Professional

CADAM ( rodando em workstations RISC com sistema operacional Unix ), ambos da empresa francesa Dassault Systemes.

O custo de aquisição de cada assento na época era em torno de US\$30000. A despesa operacional era extremamente alta por tratar-se de ambiente Unix ( o responsável pelo sistema foi treinado como Administrador Unix ) e pelo custo intrínseco do Profissional CADAM, o qual em seu momento de maior uso no país não teve mais do que dez empresas usuárias, todas elas do ramo metal-mecânico e de grande porte.

O “Sistema de CAM” vinha sendo já há alguns anos apresentado à companhia por uma revenda e prestadora de serviços da Autodesk bastante conhecida e respeitada no mercado. Este sistema baseia-se no AutoCad para preparação das informações e o SmartCam ( da PointControl ) para as operações de CAM especificamente. O foco inicial deste sistema foi a manufatura de chapas e o desenvolvimento de seus processos.

Originalmente ambos os sistemas operavam exclusivamente em 2D.

Com o tempo, o Profissional CADAM migrou para a plataforma NT ( com razoável redução da despesa operacional mas em níveis ainda acima do Sistema de CAM ) e a manufatura começou a adotar ferramentas de CAD para desenvolvimento de seus processos, inclusive projeto de ferramental. A adoção de uma ferramenta de CAD mais barata ( tanto em termos de implantação como de manutenção ) assim como uma visão muito clara da relação custo-benefício praticada, levou à evolução muito rápida deste ambiente. Em 1996 a manufatura tinha seu próprio sistema de CAD/CAM já com o uso de Modelagem Sólida (a evolução do AutoCad trouxe o Mechanical Desktop, modelador de sólidos ) e de Gestão de Informações de Engenharia ( baseado no software Workflow da Cyco Co. - <http://www.cyco.com/> ).

Desta forma, até 1998, o quadro apresentava-se da seguinte forma

Engenharia do Produto: CAD 2D rodando em ambiente Windows NT, diretamente compatível com as Engenharias de Produto da John Deere. A informação era passada de forma unidirecional através de arquivos em formato neutro .dxf para a fábrica.

Manufatura: CAD 2D e Modelagem Sólida baseados em produtos Autodesk, voltados a processos, rodando em ambiente Windows NT, Sistema de Gestão de Informações de Engenharia

plenamente operacional, CAM aplicado à manufatura de chapas, de fundidos e de usinados em diferentes estágios de desenvolvimento.

( Ver Anexo 3: Paradigmas a quebrar – Design x Manufatura )

Neste período alguns eventos importantes ocorreram quase simultaneamente.

- Passou-se a reconhecer que a evolução do agora chamado “ Ambiente de Manufatura” fora muito maior em termos de tecnologia e eficiência do que o “ Ambiente de Engenharia de Produto”. Desde o início de 1996 começou-se a utilizar modelagem sólida na manufatura, inicialmente voltada ao projeto de estampos. No ano seguinte começou-se a gerar modelos virtuais de moldes para fundição e a gerar imagens para catálogos. Em 1998 já utilizavam-se oito cópias de Mechanical Desktop 2.0. Alguns resultados desta experiência inicial foram:
  - melhoria dos processos de projeto de estampo (CAD e CAM), de moldes de fundição ( CAD e CAM ) e desenhos de catálogos de peças;
  - pronta adaptação dos projetistas à filosofia 3D;
  - análise de interferência e visualização dinâmica de conjuntos, evitando assim erros e retrabalhos;
  - ganho de tempo em máquinas-gargalo utilizadas para fabricação de moldes de fundição;
  - desenho e implantação de uma biblioteca de elementos standard, sendo esta biblioteca completamente paramétrica.
- A John Deere passou a sinalizar fortemente o fim do uso dos produtos Dassault ( Professional CADAM e CCD ).
- A Autodesk declarou sua intenção em trabalhar com “ Desenvolvedores Autorizados” os quais seriam empresas que desenvolveriam aplicações específicas como módulos de CAM, ferramentas de gestão, etc. Em suma, a Autodesk não desenvolveria um sistema único e integrado.

- Ficou evidente e passou a ser analisada a pouca eficiência da relação entre Engenharia de Produto e de Manufatura em termos de tráfego de informações de engenharia, especialmente no caso de geometrias. Foram feitos alguns trabalhos em busca da “ Engenharia Simultânea” no qual aparecia claramente a questão dos ambientes distintos de desenvolvimento de Produto e de Processos.

Como resultado da análise destes fatos e da progressiva absorção de conceitos relativos à aplicação de recursos de informática a ambientes de desenvolvimento de produto e de processos por parte de algumas gerências ( poderia-se dizer, na verdade, que ocorreu um processo de “aculturação” destas gerências ), passou-se a discutir a necessidade de um Sistema Único de Engenharia e de uma estrutura para sustentá-la, a qual a passou a ser chamada de “Sistemas de Engenharia”.

Foi cogitado fazer a unificação entre Engenharia de Produto e Manufatura segundo o modelo então em uso na Manufatura ( AutoCad e Mechanical Desktop, SmartCam e Workflow ).

No entanto, a evolução da participação acionária da John Deere na SLC ( 20% em 1979, 40% em 1996 e 100% em 1999 ) simplificou a discussão e levou à decisão de adotar a solução da John Deere, ou seja, o Pro/Engineer.

## **4.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ATUAL**

O Pro/Engineer, produto da PTC Co. ( [www.ptc.com](http://www.ptc.com) ) é um grande sistema integrado de desenvolvimento de produto e de processos. Constitui um único e completo ambiente de engenharia simultânea que conceitualmente satisfaz todos os requisitos levantados ao longos dos anos de uso de ferramentas computacionais na John Deere Brasil.

Seu uso no Brasil tem crescido bastante nos últimos anos. Inicialmente restrito a empresas de grande porte ( em função dos então altos custos de implantação ), hoje é uma opção muito interessante para empresas até então cativas de sistemas mais triviais como os da Autodesk. Sua relação custo-benefício, principalmente para empresas com manufatura integrada a suas engenharias ou com integração com fornecedores, é excelente.

No caso da John Deere, uma particularidade de fundamental importância é a disponibilidade de licenças corporativas da grande maioria dos módulos que compõe o Pro/Engineer. Estas licenças estão disponíveis para todas as unidades através de acesso remoto via endereçamento internet.

O software é instalado localmente em cada estação de trabalho. Ao ser carregado, o software vai procurar sua licença num servidor de licenças corporativo localizado nos Estados Unidos.

O custo para a unidade é de US\$2.25 por hora e por assento, independentemente do módulo em uso . Caracteriza-se assim um custo diretamente vinculado à demanda.

É interessante observar que este custo não é subsidiado mas sim correspondente ao custo real do software para a Corporação John Deere. Ocorre que o elevado número de licenças ( perto de 600 ) adquiridos pela corporação, permitiram uma grande otimização de custos.

A adoção inicial do Pro/Engineer pela John Deere Brasil deve-se, portanto, fundamentalmente à decisão da Corporação John Deere de adotá-lo como ferramenta-padrão de desenvolvimento de produto para suas unidades.

No entanto, em nosso ponto de vista o Pro/Engineer justificava-se também como o meio para materializar o conceito de “ Sistema Único de Engenharia”, pois resultou em ganhos muito significativos para nossa manufatura e mesmo para o projeto de alguns de nossos produtos.

É necessário destacar que naquele momento a manufatura da John Deere ( então SLC ) estava conceitualmente muito mais avançada em termos de utilização de tecnologia computacional em seus processos do que a Engenharia de Produto.

Já há vinte anos utilizavam-se máquinas CNC na fábrica. Todos os operários, sem exceção, recebiam em sua formação técnica ( ver Anexo 8 – Curso de Aprendizagem ) noções de usinagem utilizando máquinas CNC. A utilização do MRP também já era uma realidade. Toda a produção da fábrica era gerida por ele.

Conforme a implementação dos novos sistemas foi evoluindo, caracterizou-se um desequilíbrio evidente entre as áreas de Manufatura e Engenharia do Produto. A fábrica utilizava extensivamente modelagem sólida paramétrica ( Mechanical Desktop da Autodesk ) enquanto a

Engenharia do Produto permanecia utilizando o Professional CADAM que nada mais era do que uma prancheta eletrônica.

A Manufatura começou a pressionar a Engenharia de Produto para que a informação fosse gerada em formato tal que pudesse ser aproveitada, por exemplo, no projeto de ferramental.

Em determinado momento a Manufatura começou a modelar partes de produtos e posteriormente produtos inteiros. Demonstrou-se que era mais econômico modelar um componente, conjunto ou produto completo como referência para o projeto de ferramental e de alguns processos como usinagem, por exemplo, do que projetar tais dispositivos tendo como referência apenas os desenhos 2D da Engenharia do Produto.

Houve momentos em que estes modelos de produto gerados pela Manufatura foram enviados a Engenharia de Produto para visualização por parte dos engenheiros que descobriram neste tipo de tecnologia um recurso infinitamente superior do que o 2D “oficialmente em uso”.

Neste momento criou-se uma situação curiosa e bastante sintomática.

Alguns engenheiros mais jovens começaram a “contrabandear” estes modelos sólidos para visualização dos sistemas pelos quais eram responsáveis. Houve casos de engenheiros sendo treinados as escondidas ( com o aval discreto do Diretor Industrial ) em Mechanical Desktop para melhor utilizar esta informação.

Por outro lado havia muita reclamação da Manufatura em relação ao baixo nível de integração entre os sistemas. No caso particular de chapas a situação era bastante frustrante.

A solução vendida no mercado como definitiva era a utilização dos chamados “formatos neutros” como os arquivos DXF.

Para comentários sobre o formato DXF ver o capítulo 5.2.1 Modelos Derivativos.

O nível de retrabalho para extrair-se um perfil do Professional CADAM e inseri-lo num SmartCam era bastante alto.

Em termos de usinagem, por exemplo, o aproveitamento era nulo.

Era necessário adotar-se um sistema único para ambas as engenharias ( Produto e Manufatura ) de forma a que a informação fluísse desde sua origem até a efetiva fabricação.

Estava bastante evidente ( em função das boas experiências na Manufatura ) que este sistema deveria ser baseado em Modelagem Sólida Sólida Paramétrica.

As alternativas possíveis eram estender a utilização do Mechanica Desktop a Engenharia de Produto e de alguma maneira compatibilizá-lo com o padrão corporativo ( então já estabelecido com o Pro/Engineer ) ou adotar o próprio Pro/Engineer. O risco desta alternativa era tratar-se de tecnologia muito nova no Brasil, em particular no tocante as funcionalidades relacionadas a Manufatura. Dentre estas muito nos preocupava a geração de pós-processadores. Já naquela época a empresa contava com perto de sessenta máquinas CNC de todos os tipos . Já havíamos aprendido a importância de dominar a tecnologia de geração de pós-processadores. Preocupava-nos como fazê-lo dentro do Pro/Engineer.

Finalmente, conhecidos os riscos e animados do desejo de trazer a mais alta tecnologia de sistemas disponível na corporação para Horizontina, tomou-se a decisão de buscar todas as vantagens do Pro/Engineer através de um projeto de implementação consistente e ao mesmo tempo bastante agressivo.

Para descrição do momento da decisão de adotar o Pro/Engineer como sistema único de engenharia ver Anexo 4 – O Timoneiro: a quebra de um paradigma corporativo.

#### **4.2.1 Projeto Piloto da utilização do Pro/Engineer em Manufatura**

Havíamos adotado desde há muito o conceito de “Projeto Piloto”.

A “definição oficial” do mesmo era ( e é ) “sempre que necessário introduzir uma nova tecnologia, fazê-lo em um ambiente controlado, estanque, mas com todas as características operacionais e funcionais que o ambiente real”.

Aprendemos muito com os Projetos Piloto e introduzimos fortemente este conceito na formação dos mais jovens que estão sendo preparados para assumir responsabilidades na área de Sistemas de Engenharia.

O diagrama original a seguir descreve a proposta geral do Projeto Piloto do Pro/Engineer.

## Projeto Piloto Maio 1999 / Novembro 2000

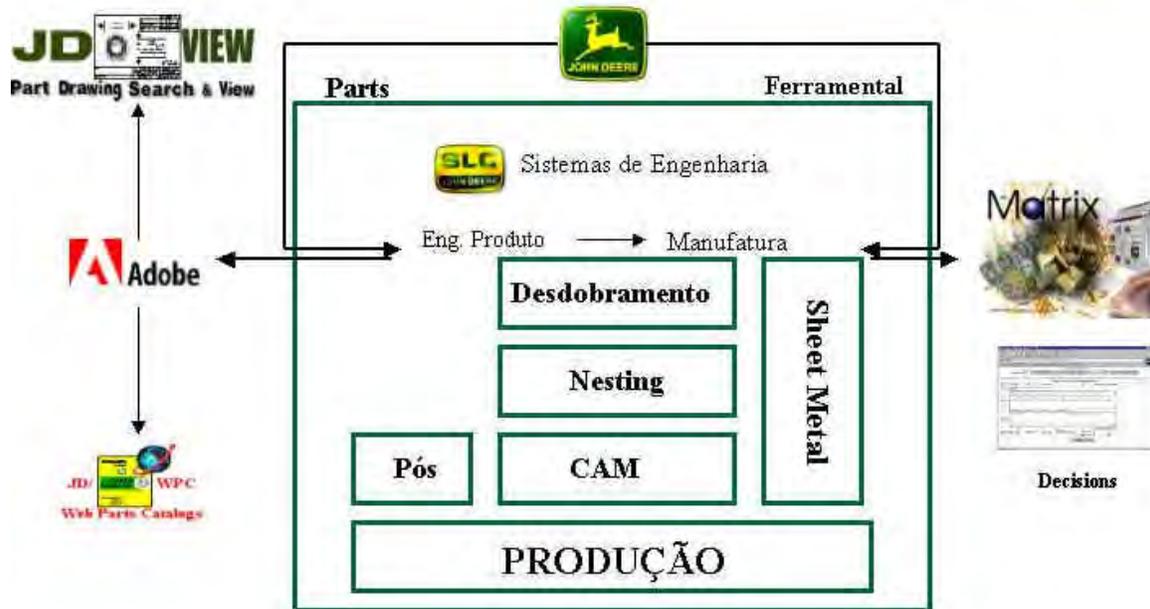


FIGURA 8 – PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO DO PRO/ENGINEER

O foco do Projeto Piloto estava no processo de desenvolvimento e manufatura de chapas e objetivava fundamentalmente, a capacitar a unidade a realizar as seguintes tarefas.

- ❑ Modelagem de chapas utilizando o ambiente Pro/Engineer para chapas (Pro/Sheetmetal ).
- ❑ Desdobramento ou planificação destes modelos. Nestes desdobramentos deviam ser levados em conta parâmetros adotados pela companhia. Estes parâmetros relacionam raios de dobra, espessuras de material e alongamentos resultantes. Estes fatores foram definidos ao longo dos anos e registrados em uma Tabela de Dobras, a qual é a referência usada pelo Pro/Engineer para os cálculos relativos ao desdobramento.
- ❑ “Nesting” ou distribuição otimizada das geometrias na chapa a cortar. Para detalhes sobre “Nesting” ver capítulo 2.1.4 Nesting

- Efetuar as operações de CAM sobre o “Nesting” ( sempre que adequado ) tais como definição de caminhos de corte com otimização de tempo de execução do corte e/ou redução de desgaste da ferramenta .
- Dominar o processo de desenvolvimento e customização de pós-processadores. A importância estratégica do domínio deste “knowhow” está ligada diretamente à diversidade de máquinas CNC utilizadas. Aprendemos nos últimos anos que a relação custo-benefício do domínio desta tecnologia é bastante favorável. As melhorias no processo de corte que vão sendo agregadas através de alterações nos pós-processadores ( considerando nossa demanda de trabalho com chapas ) justificam plenamente os custos envolvidos.

Os resultados obtidos são ilustrados e descritos sinteticamente a seguir.

## Resultados Alcançados (junho 2000)

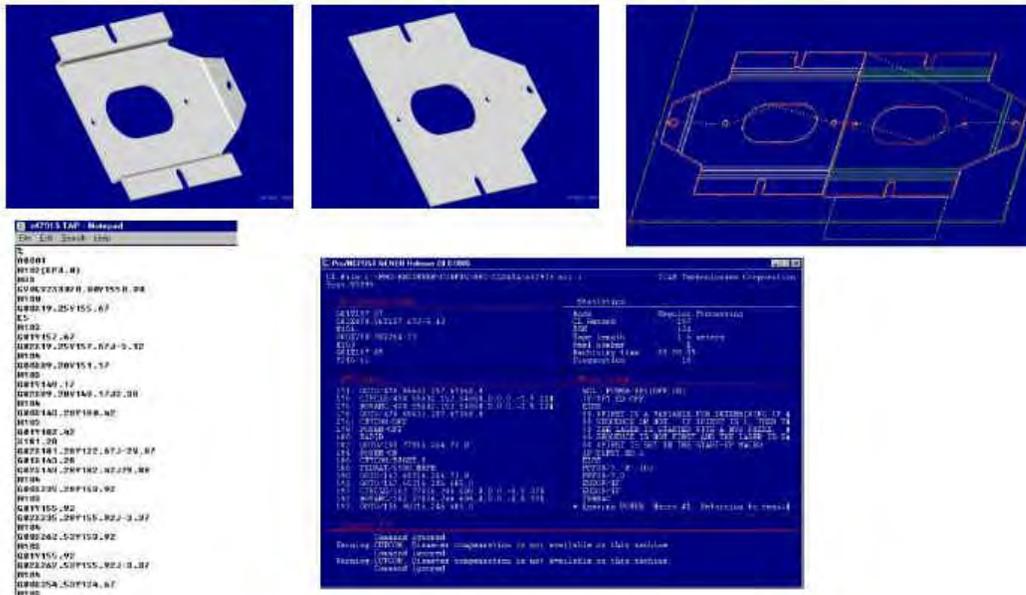


FIGURA 9 – RESULTADOS ALCANÇADOS COM O PROJETO PILOTO DE IMPLANTAÇÃO

A Unidade tornou-se apta a modelar e desdobrar peças em chapas, levando em conta os parâmetros utilizados previamente pela companhia.

A Unidade capacitou-se a fazer “Nesting” de forma aceitável e com boa eficiência.

Também alcançamos a capacitação em desenvolver pós-processadores. Foi desenvolvido um pós-processador para uma puncionadeira Amada com o apoio de um engenheiro da unidade John Deere de Harvester Works em Moline, Illinois. Durante o mês de julho de 2000, este engenheiro ministrou em Horizontina um treinamento voltado ao desenvolvimento de pós-processadores no ambiente Pro/Engineer para três programadores e um engenheiro. No final de um período de 90 dias, estas quatro pessoas apoiadas pelo instrutor desenvolveram seis pós-processadores adicionais, os quais ainda servem a todas nossas máquinas puncionadeiras, corte-laser e oxicorte.

Como resultados adicionais treinamos eficientemente vinte e três técnicos e engenheiros. Estes profissionais foram treinados em modelagem básica, modelagem de chapas e CAM de chapas ( quatro deles ).

Também alcançamos identificar o grande potencial que apresentam os processos de “assembly” ( montagem virtual de produtos) como ferramenta de desenvolvimento de produto.

Problemas já históricos referentes ao desdobramento de geometrias especiais foram resolvidos.

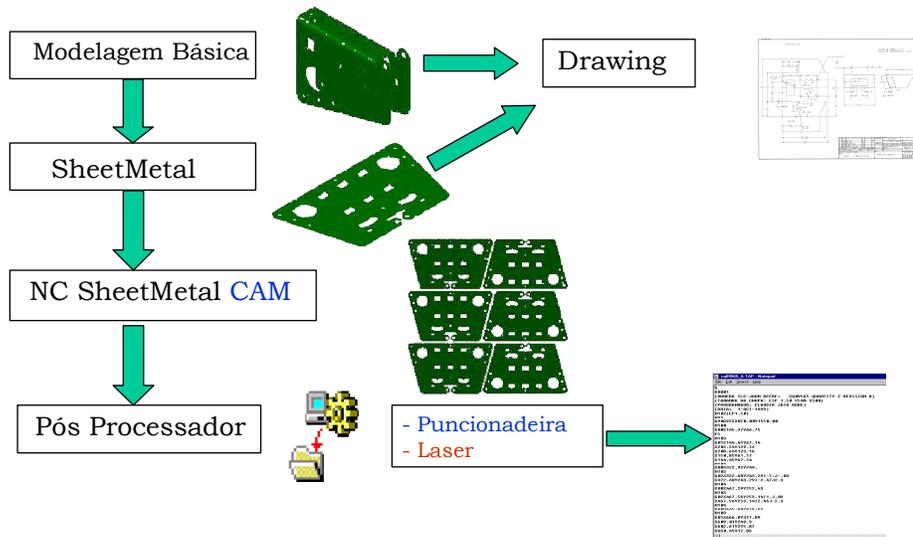


FIGURA 10 – UTILIZAÇÃO ATUAL DO PRO/ENGINEER NO DESENHO E MANUFATURA DE CHAPAS

#### 4.2.2 Relevância da utilização de Pro/Engineer na fabricação de chapas

Profundos estudos estratégicos da então SLC-John Deere ( Master Plan, 1997) definiram os processos de chapas como “core” na companhia, ou seja, processos que deveriam ser completamente dominados e prioritários em termos de avanços e melhorias.

Uma análise qualitativa simples do principal produto John Deere ( colheitadeira ) ilustra a razão para esta definição:

Peso médio de uma colheitadeira:	9450 kg
Peso médio em chapas de uma colheitadeira:	5560 kg

Como foi descrito anteriormente, o processo de informatização de nossa manufatura começou focado em ( e motivado por ) manufatura de chapas.

Desde o começo das operações de Sistemas de Engenharia, ( em 1993 e nos primeiros meses de 1994 ) foram-se configurando problemas que, com diferentes graus de sucesso, foram sendo resolvidos. Em alguns casos, entretanto, os problemas simplesmente não puderam ser resolvidos em função dos limites da tecnologia então disponível.

Estes problemas não resolvidos constituíram uma “Lista de Problemas” que passaram a ser considerados parâmetros de avaliação de qualquer nova possível solução CAD/CAM a examinar.

As discussões iniciais com a John Deere mostraram que em sua maioria estes problemas teriam solução no ambiente Pro/Engineer. Esta foi uma referência de fundamental importância no momento de decisão.

Por outro lado, alguns departamentos caracterizaram muito claramente a necessidade de ampliação da capacidade de trabalho particularmente em CAM. Considerando que a solução corrente ( SmartCam ) não estava mais disponível no mercado, caracterizava-se uma oportunidade de dar-se uma nova abordagem ao problema.

Até o momento o paradigma tinha sido “para aumento de capacidade de CAM ( na verdade para CAD também ) é necessário um investimento ( logo, aumento de Inventário ) para a aquisição de novas licenças”.

O modelo de custos do Pro/Engineer ofereceu uma nova visão.

Uma vez que as licenças são “alugadas” e o custo deste aluguel é diretamente vinculada à demanda ( não existe aumento de Inventário mas de Despesa Operacional, aumento este diretamente proporcional à utilização ), poderia-se simplesmente incorporar o custo do aumento

de capacidade à Despesa Operacional de cada departamento de forma linear com a utilização do recurso ( otimizando assim a utilização quase até a forma ideal ).

No entanto, o fator definitivo para a adoção do Pro/Engineer como ferramenta para desenvolvimento de processos de chapas na companhia foi a criação de importantes projetos conjuntos com a John Deere que demandariam necessariamente o uso do Pro/Engineer em Horizontina. A adoção do Pro/Engineer na verdade tornou-se condição para viabilizar a transferência de tecnologia de produto.

Baseado nesta nova demanda foi estabelecido o objetivo de ter-se os processos descritos no Projeto Piloto operacionais em novembro de 2000, assim como um esboço consistente da organização necessária para mantê-los.

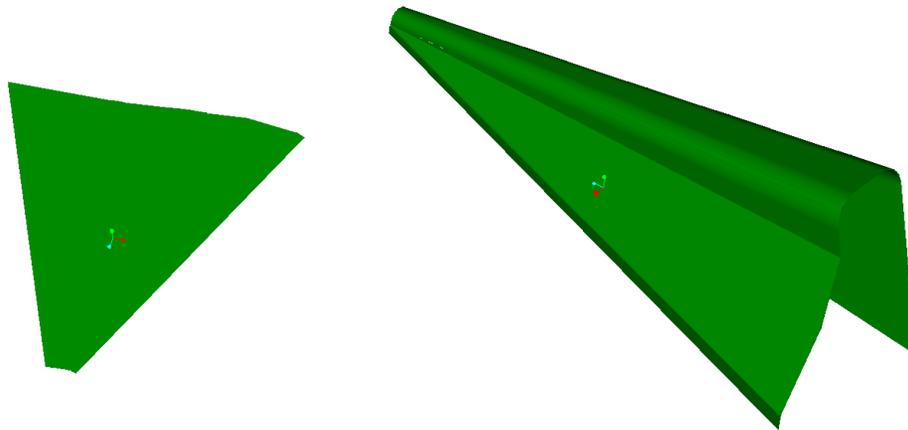


FIGURA 11 – MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE CHAPAS

A Figura 11 ilustra um problema histórico da empresa: o desenvolvimento de uma peça com formato geral cônico, parte de plataforma de milho. O Pro/Engineer foi o primeiro software experimentado pela John Deere ( então SLC-John Deere ) capaz de realizar satisfatoriamente a operação.



FIGURA 11- PUNCIÓNDEIRA AMADA



FIGURA 12- CORTE LASER TRUMPH

### 4.2.3 Utilização em modelagem e fabricação de fundidos

A utilização do Pro/Engineer nos processos de projeto e manufatura de usinados veio satisfazer uma série de antigas expectativas dos grupos envolvidos nestes processos.

Durante o processo de implementação ficou claro que os potenciais do novo ambiente poderiam ser explorados segundo duas linhas:

- ❑ Recursos avançados de modelagem de superfícies
- ❑ Integração de todo o processo ( projeto da peça e do ferramental no mesmo ambiente )

As figuras a seguir ilustram a evolução alcançada com a implementação.

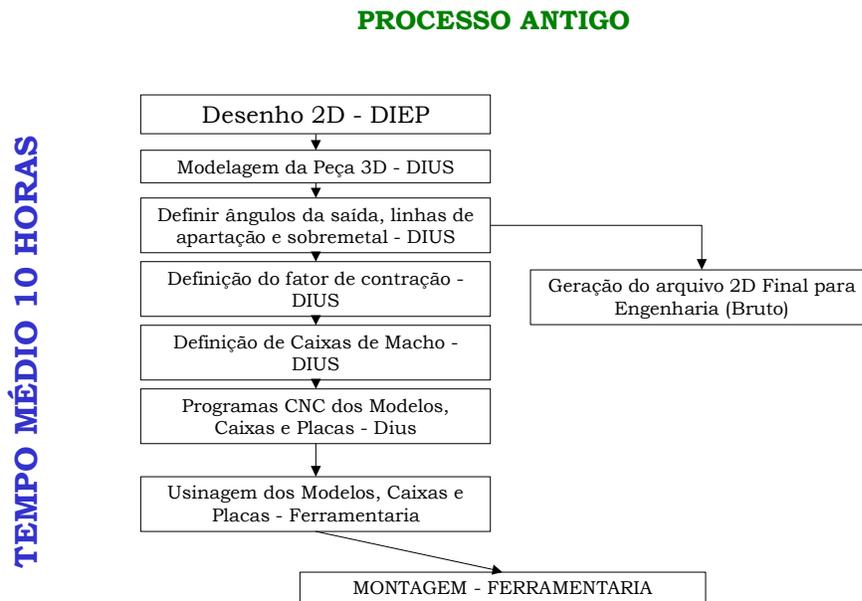


FIGURA 13– FLUXO DO PROCESSO ANTIGO DE PROJETO E MANUFATURA DE FUNDIDOS

## PROCESSO ATUAL - PRO/ENGINEER

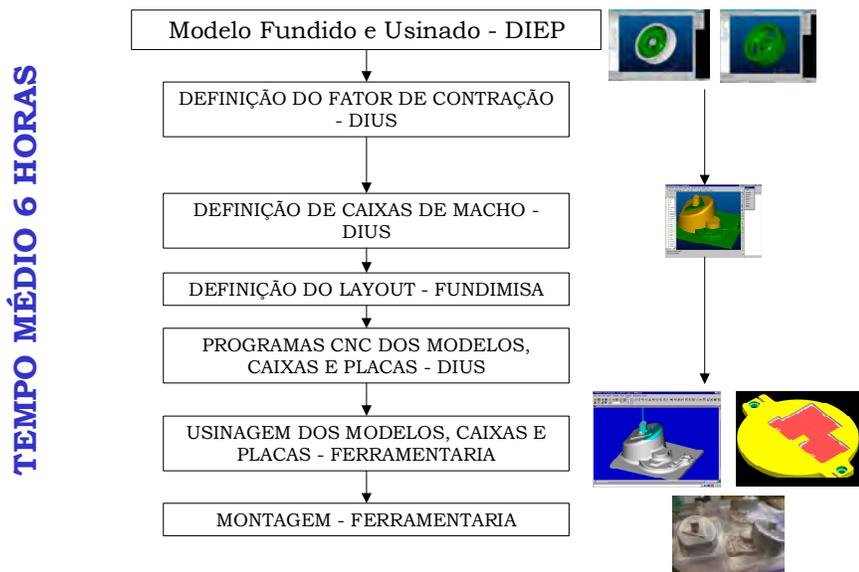


FIGURA 14– FLUXO DO ATUAL PROCESSO DE PROJETO E MANUFATURA DE FUNDIDOS

Assim como no caso de chapas, a experiência anterior da companhia com os processos de projeto e manufatura de peças fundidas gerou um histórico de problemas que serviram como referência no processo de implantação. A idéia foi verificar como o Pro/Engineer se comportava frente a algumas situações e parâmetros tidos como característicos do processos.

A informação a seguir refere-se a um estudo específico feito para avaliar a resposta do sistema a estas situações.

Foram escolhidas algumas peças representativas desta variáveis e desenvolvidos processos-piloto. Uma vez postos em marcha estes processos mediu-se os resultados.

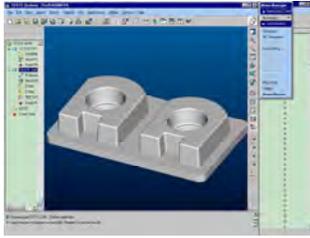
As questões sob estudo foram:

- Tempo de usinagem das peças : tipicamente as máquinas de usinagem da Ferramentaria eram gargalos. Particularmente algumas fresadoras e tornos dedicados a execução de ferramentas estavam permanentemente saturados. Durante este período de testes foi solicitada a compra de mais uma fresadora. Ao final dos testes a compra foi

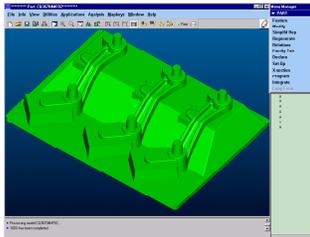
definitivamente abortada. A melhoria ( redução ) nos tempos de execução das peças justificou este cancelamento. As razões para esta redução de tempos de usinagem são fundamentalmente:

- Redução dos tamanhos dos arquivos NC;
  - Utilização de tecnologia de modelagem de superfícies muito mais avançada do que o sistema anterior utilizava;
  - Algoritmos de otimização de caminhos de ferramenta inseridos no Pro/Engineer
- Tamanho do arquivo NC em linhas: relacionado ao tempo de execução, ao tamanho da memória RAM no comando de cada máquina e ao método de transmissão do programa ( de forma única ou contínua ), esta variável afeta diretamente o cálculo de custo, principalmente em máquinas antigas onde as alternativas para programas maiores eram ampliar memórias a um alto custo ou estabelecer processos de carga/descarga de programas extremamente demorados ( e , portanto, extremamente caros ).
  - Tamanho do arquivo NC em bytes: valem as mesmas considerações acima.
  - Custo da usinagem: fundamentalmente vinculado ao custo da hora de operação.

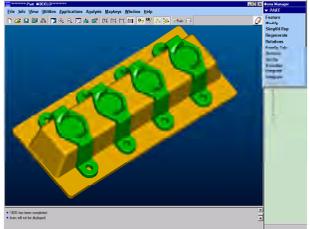
As peças a seguir foram escolhidas para a implementação-piloto:



**CQ40043**



**CQ36704**



**CQ38634**

**FIGURA 15- PEÇAS ESCOLHIDAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO-PILOTO**

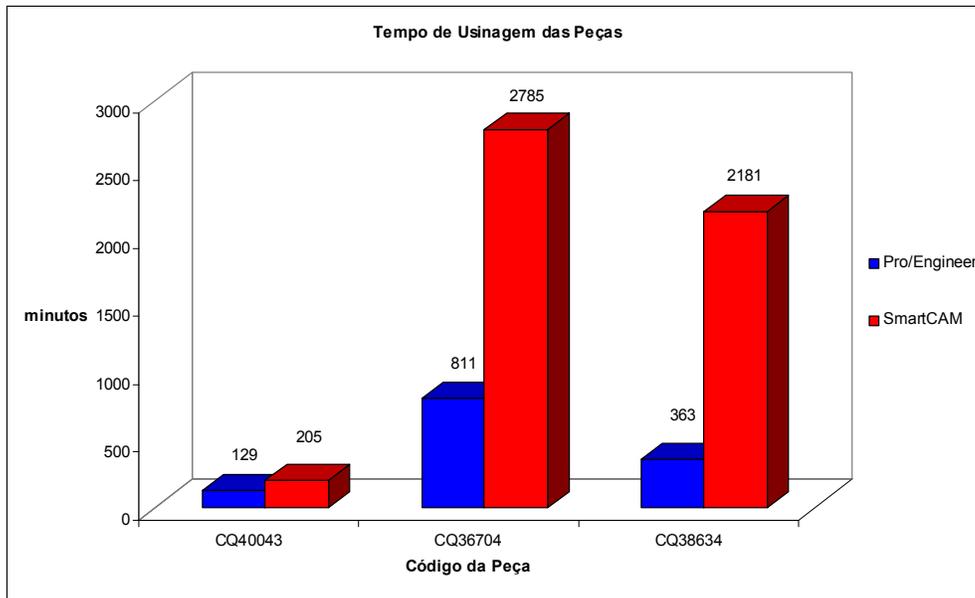


FIGURA 16– TEMPO DE USINAGEM DAS PEÇAS

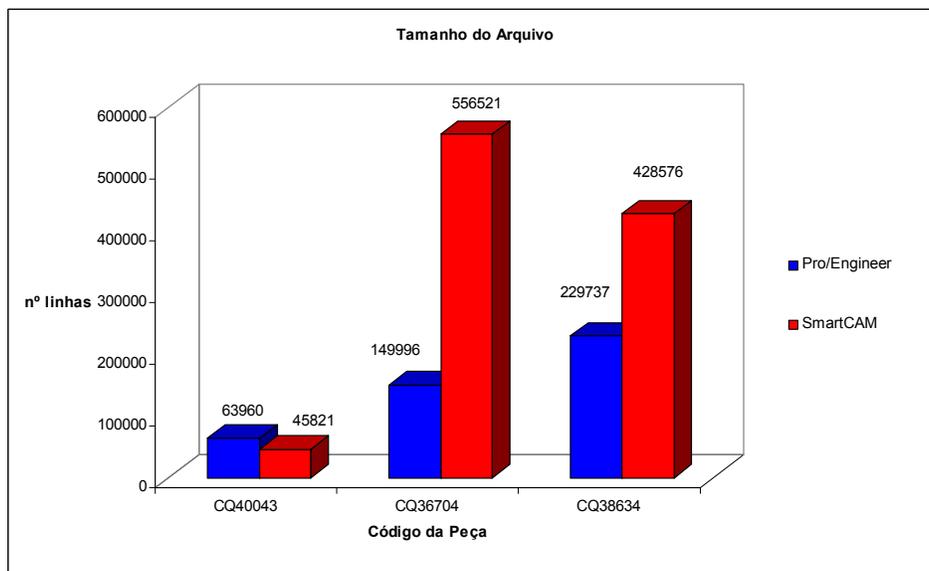


FIGURA 17– TAMANHO DOS ARQUIVOS EM LINHAS

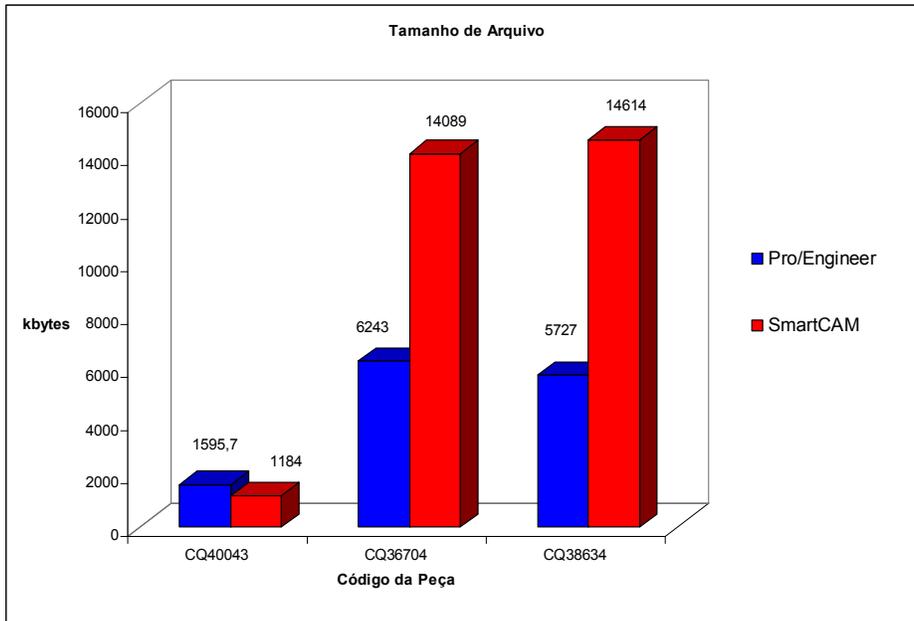


FIGURA 18– TAMANHO DO ARQUIVO EM KBYTES

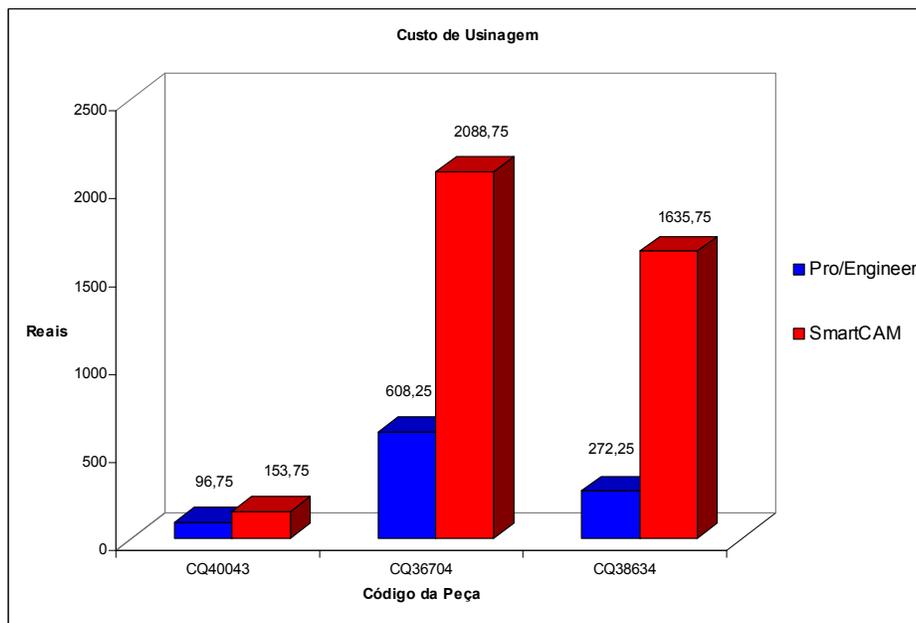


FIGURA 19– CUSTOS FINAIS DE PRODUÇÃO

As conclusões finais obtidas desta implementação-piloto foram embasadas na análise dos dados apresentados nas Figuras 16a 19e são as seguintes:

- ❑ A visualização da Usinagem ( simulação ) na tela do computador é bem melhor no Pro/Engineer do que no sistema antigo.
- ❑ O Pro/Engineer permite um controle maior dos parâmetros de usinagem, dando mais opções ao técnico de manufatura para criar malhas de desbaste e acabamentos melhores do que os gerados pelo sistema anterior.
- ❑ Devido ao fato de ser um software paramétrico e associativo, o Pro/Engineer permite a atualização automática dos modelos de manufatura quando estes são atualizados na Engenharia de Produto.
- ❑ Provavelmente o principal fato decorrente da nova tecnologia, no entanto, foi que projetistas e técnicos da manufatura passaram a utilizar o mesmo ambiente de CAD e CAM e conseqüentemente a resolver virtualmente problemas que anteriormente eram resolvidos utilizando-se protótipos físicos.

#### **4.2.4 Utilização em modelagem e fabricação de ferramental**

A utilização do Pro/Engineer no projeto de ferramental ( muito particularmente em ferramental de fixação de furação, usinagem e soldagem ) veio agregar novas funcionalidades a uma linha de trabalho estabelecida ainda no período em que utilizava-se o Mechanical Desktop para projeto de ferramental. Fundamentalmente o que se fez foi criar uma biblioteca de componentes que permitiam ( e ainda hoje permitem ) a montagem virtual de um dispositivo a partir deste elementos-padrão.

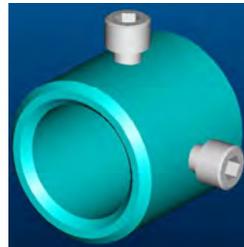


Grampos de Aperto



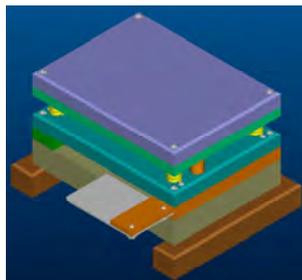
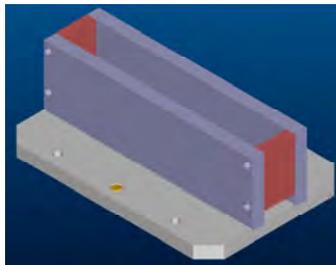
Parafuso Allen e Pino Guia

FIGURA 20 ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL



Bucha para Dispositivo de Solda

Molas para Estampos



Estampo Básico Parametrizado e Pré-Montado

Dispositivo de Usinagem

FIGURA 21- ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL

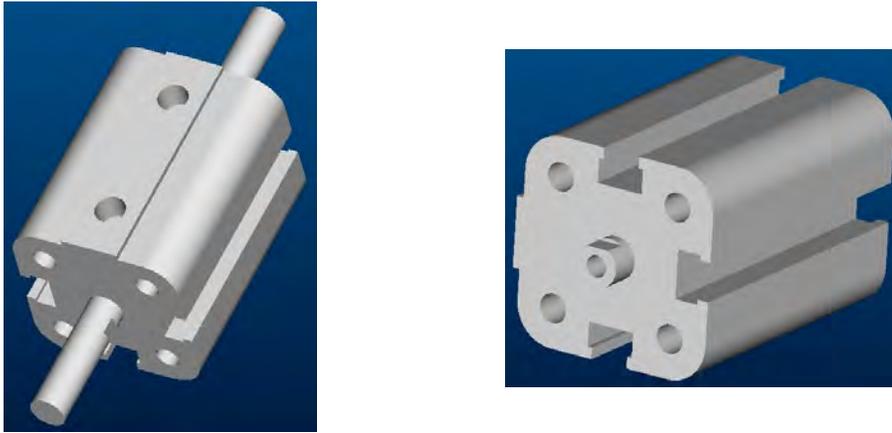


FIGURA 22– ELEMENTOS DA BIBLIOTECA PADRÃO DE COMPONENTES DE FERRAMENTAL

Deve-se notar que vários fornecedores de componentes para ferramental já disponibilizam via Internet seus produtos.

A Figura 22 apresenta dois componentes hidráulicos cujos modelos virtuais são fornecidos pela empresa Festo no endereço

[http://ftp.festo.com/public/pneumatic/software\\_service/cad/3D/proE/Drives/advu/index.htm](http://ftp.festo.com/public/pneumatic/software_service/cad/3D/proE/Drives/advu/index.htm).

As vantagens agregadas ao processo de concepção do dispositivo a partir do uso da biblioteca padrão são de duas ordens:

- ❑ O projetista gasta muito menos tempo modelando componentes. Mais e mais de seu tempo passa a ser utilizado estudando o conceito do dispositivo, simulando soluções a partir de componentes-padrão.
- ❑ Garante-se uma padronização controlada dos componentes. O projetista conta com um número finito e controlado de componentes com os quais deve conduzir seu trabalho.



FIGURA 23 – MODELAGEM E MONTAGEM DE UM DISPOSITIVO DE FURAÇÃO

Adicionalmente alcançou-se resultados em redução de tempo na geração de desenhos. Nesta linha duas classes de atividades foram diretamente beneficiadas:

- Geração automática de vistas. Este é um trabalho que tomava em média 30% do tempo de um projetista médio. O Pro/Engineer é bastante eficiente em gerar vistas planas de componentes ou conjuntos. Neste aspecto, como em outros, o Pro/Engineer resolveu pendências antigas não solucionadas por outros sistemas.
- Cotagem. A colocação de cotas de forma automática ou não também consumia boa parte do tempo dos projetistas. O Pro/Engineer melhorou em muito este processo.

Vale comentar a satisfação dos técnicos em poder dedicar parte significativa de seu tempo em atividades criativas ( e que, do ponto de vista da companhia, que realmente agregam valor ). O mesmo sentimento de satisfação observou-se por exemplo, nos técnicos envolvidos nos processos de CAM, os quais passaram a gastar mais tempo simulando soluções ( aproveitando sua experiência profissional ) em busca de otimização, ou o pessoal de Engenharia de Produto que passou mais tempo buscando alcançar funcionalidades do produto em vez de desenhando ou mesmo modelando etapas intermediária.

A frase mais ouvida e que bem ilustra o conceito é “poder-se ir diretamente ao filé”.

Também é pertinente comentar que a John Deere tem por meta em 2008 não operar mais com desenhos na América do Sul. A previsão para a corporação como um todo é mais tarde.

Deve-se notar que a necessidade do desenho já hoje é mantida fundamentalmente em função dos fornecedores. Tendo em vista a aceleração da tecnologia de Manufatura Virtual, no entanto, é bastante possível que esta data seja antecipada.

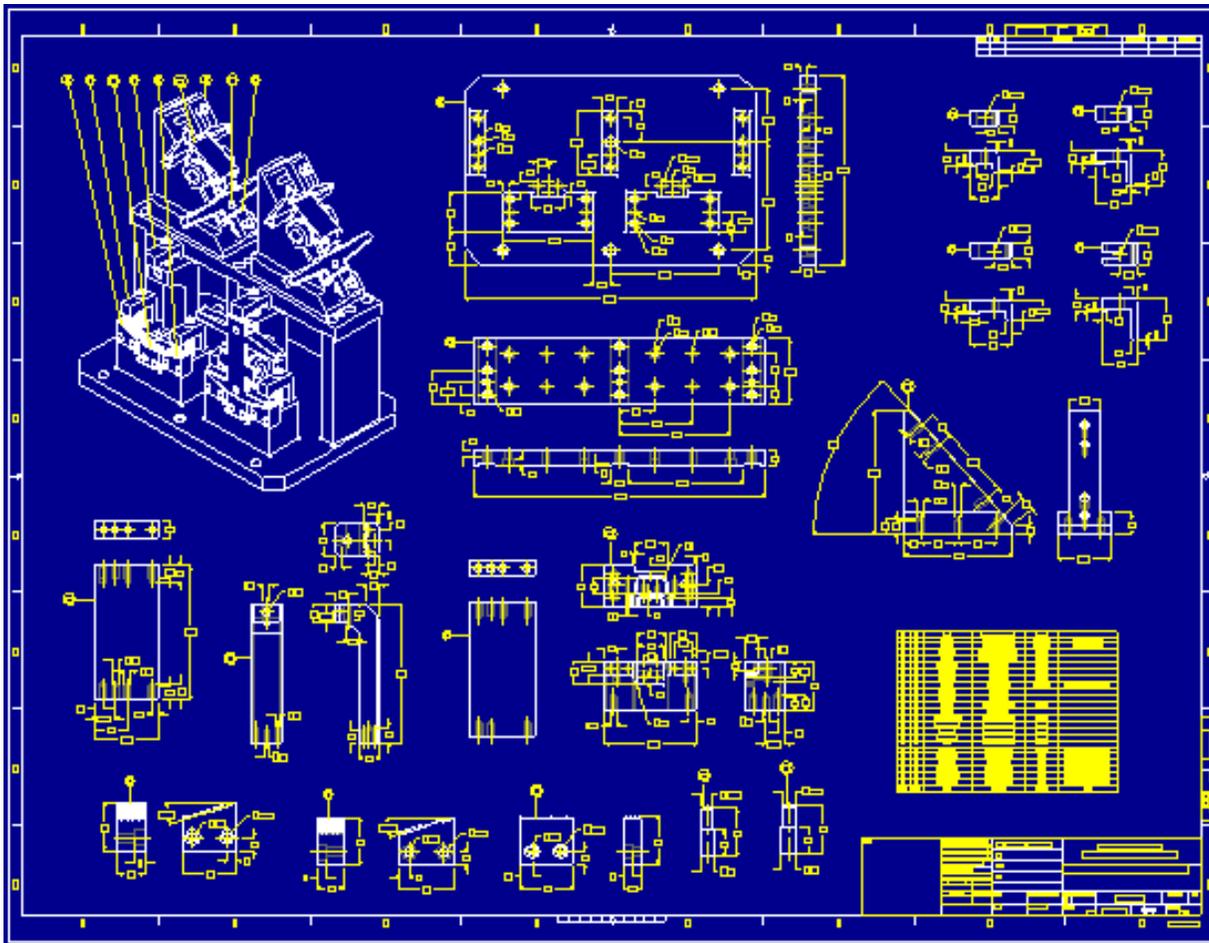


FIGURA 24 – DETALHAMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FURAÇÃO

### 4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS DE MANUFATURA DE CHAPAS ATUAL E ANTERIOR

A finalidade deste estudo é comparar de forma geral os impactos na utilização do Pro/Engineer em nossos processos de manufatura.

### 4.3.1 Ciclo de Manufatura Anterior

A seguir, descrição do ciclo de manufatura anterior para chapas. São apresentados os respectivos tempos médios por item. Os tempos apresentados são estimativas do DIPP, departamento da John Deere Brasil responsável pela manufatura de Plataformas de Corte e Plantadeiras.

O Dipp manufatura perto de 5000 itens e os tempos apresentados são tempos médios.

15 a 20 % destes itens não podem ser desenvolvidos (planificados) utilizando-se o software de planificação anteriormente disponível, representando, portanto, um tempo maior do que a média apresentada.

Tarefa	Tempo em Min.
O projetista recebe a Decisão de Engenharia.	
O projetista e o engenheiro de manufatura definem o processo ( laser, puncionadeira, unistamp ou estampo )	5
Projetista cria os cartões do Workflow	10
Baseado no desenho 2D criado pela Engenharia do Produto o projetista modela a peça e a desenvolve	30
Projeto da ferramenta ( unistam ou estampo ) ou programa (laser ou puncionadeira ). Programa consta de:	
- arranjo das peças na chapa ( nesting ) de acordo com espessura de chapa, perfis e número de peças	35
- definição do caminho de corte em função de otimizações de tempo, desgaste de ferramentas, etc.	15
Gerar croqui desenvolvido	15
Gerar roteiro de fabricação	35
Definir ferramenta de medição	20
Disponibilizar o programa para a produção, posicionando-o no Servidor DNC para acesso pelos operadores de máquinas CNC e liberar a documentação do Workflow	10
<b>Tempo Médio Total</b>	<b>175</b>

QUADRO 2 – TEMPOS MÉDIOS DO PROCESSO ANTERIOR DE MANUFATURA

### 4.3.2 Ciclo de Manufatura Pro/Engineer

O atual ciclo de manufatura é composto das seguintes etapas:

- ❑ O projetista suporta a modelagem da peça na Engenharia de Produto, definindo neste momento o processo ( laser, puncionadeira, estampo ou unistamp ). A Engenharia de Produto gera o desenvolvido de acordo com o processo definido.
- ❑ O projetista recebe a decisão de engenharia e o modelo virtual da peça com o desenvolvido.
- ❑ Projeta a ferramenta ( estampo ou unistamp ) ou faz o programa ( laser ou puncionadeira ).
- ❑ Gera croqui do desenvolvido.
- ❑ Gera roteiro de fabricação.
- ❑ Define ferramenta de medição.
- ❑ Repassa o programa para a produção.

Até o presente momento não foi possível fazer uma estimativa séria de um tempo médio em função do novo sistema ( assim como todos os recursos da companhia ) estar sendo utilizado até o limite como forma de responder aos sucessivos aumentos de produção da unidade nos últimos quatro anos.

No entanto, esta utilização maciça do sistema nos permite identificar claramente alguns pontos com significativo potencial de ganho.

- ❑ **Nesting** : os recursos do Pro/Engineer para nesting são bastante mais avançados do que os anteriormente disponíveis. Estima-se uma redução da ordem de 60 % neste tempo ( atualmente 35 min. em média ), reduzindo esta componente para algo como 14 min.
- ❑ **Definição do caminho de corte:** neste aspecto o Pro/Engineer apresenta um pequeno ganho no caso do CAM para corte laser e não apresenta ganho no caso do CAM para puncionadeiras. Entretanto, considerando-se que semestralmente são feitas atualizações no sistema e que estas características desejada no Pro/Engineer estão em evidência no mercado, é de se supor que em breve sejam incorporadas ao sistema. Nas condições

atuais, uma redução média de 20 % é esperada, passando a etapa de 15 min. para 12 min.

Estes potenciais serão explorados a seguir.

### **4.3.3 Um novo modelo de custos para Sistemas de Engenharia**

Anteriormente a implementação do Pro/Engineer, as seguintes condições eram verdadeiras e balizavam nosso planejamento de custos.

- ❑ Os custos de aquisição vão constituir inventário ou imobilizado. Efetivamente compra-se determinado número de licenças de um software.
- ❑ O número de licenças é calculado em função de demanda conhecida ou calculada. O custo destas licenças independe do índice de utilização dos software ( significa que a quantidade de dinheiro investida em inventário é independente da utilização ou não do recurso) .
- ❑ A filosofia dos fabricantes dos softwares de CAD, CAM e Gerenciamento de Informações de Engenharia então em uso( respectivamente Autodesk, PointControl e Cyco ) era de desenvolver seus sistemas focados nas respectivas áreas e promover a integração via “ formatos padrão” ( dxf, igs, etc ) ou através de fornecimento de drives que permitam, por exemplo, ao Workflow abrir arquivos do AutoCad. Uma das conseqüências desta arquitetura é que quando uma das partes sofre atualização existe necessariamente um efeito cascata nos outros softwares para manter-se a compatibilidade. Por exemplo, uma atualização no AutoCad vai necessariamente implicar na atualização do SmarCam e do Workflow.
- ❑ Existem custos internos importantes relacionado a este efeito-cascata pois todas as partes do sistema devem ser atualizadas juntas, independentemente da necessidade técnica ou do retorno em termos de features agregadas.

No Pro/Engineer vamos contar com as seguintes condições.

- ❑ O software não é adquirido. Ele é alugado da John Deere. Não existe, portanto, inventário. Existe despesa operacional.
- ❑ O valor deste aluguel é definido pela utilização, ou seja, a despesa operacional é diretamente proporcional à utilização, definindo assim um índice de utilização bastante alto.
- ❑ O software é integrado. Todos os módulos e funções pertencem ao mesmo ambiente. As atualizações semestrais são feitas para todo o sistema, não havendo investimento nenhum. Simplesmente permanece-se pagando a despesa operacional por demanda.
- ❑ Não existe nenhum custo adicional relativo a atualização.

As seguintes considerações feitas sobre uma situação real freqüentemente enfrentada pela companhia nos últimos anos ilustram ambos os modelos.

As condições de contorno do problema são a necessidade de ampliação de recursos de CAD e CAM na manufatura e ampliação do número de assentos de CAM.

Utilizando-se números relativos aos sistemas anterior ( valores de 1999 ) e supondo-se atualização para 40 usuários, chega-se a:

4 atualizações SmartCam	US\$ 6000
3 CAM ( padrão Unigraphics )	US\$ 45000
30 atualizações AutoCad/Mechanical Desktop	US\$ 54000
38 atualizações Workflow	US\$ 9500
Total	US\$ 114500

Por outro lado, no ambiente Pro/Engineer teria-se um custo para acesso a 40 licenças Pro/Engineer completas ( CAD e CAM ) durante 1 ano

$$40 \text{ usuários} \times \text{US\$}2.25 \times 5\text{h/dia} \times 5 \text{ dias/sem} \times 4 \text{ sem} \times 11 \text{ meses} = \text{US\$} 99000$$

ou seja, o inventário criado no modelo anterior em função da atualização do sistema converter-se-ia numa despesa mensal que somada ao longo do ano resulta em um número menor, sendo que no sistema anterior não estariam incluídos recursos para confecção de manuais e catálogos, elementos finitos, tubulações, documentação de circuitos elétricos, etc, os quais estão presentes no Pro/Engineer, representando assim um ganho extra.

Considere-se que historicamente a cada um ano e meio ( em média ) estão disponíveis atualizações nos produtos Autodesk, as quais refletem-se em necessidade de atualização do SmartCam, Workflow, etc.

Devemos complementar o raciocínio em curso considerando a seguinte situação real.

O DIPP tem sob sua responsabilidade perto de 5000 itens. Destes, aproximadamente 70 % ( 3500 itens ) são chapas. Na média, segundo medição deste departamento, um projetista gastava 30 minutos por item modelando as peças correspondentes ao desenho 2D enviado pela engenharia de produto. Isto foi feito a partir do momento em que foi comprovado que trabalhar com modelo sólido é bastante vantajoso no processo de desdobramento da peça e do projeto do dispositivo e/ou ferramenta. Esta vantagem é fruto dos recursos de visualização 3D, possibilidades de realizar-se medições e simulações ( inclusive simulações dinâmicas ), etc.

O DIPP gastava em média modelando peças vindas em 2D da engenharia

$$3500 \text{ itens} \times 0.5 \text{ h/item} = 1750 \text{ h}$$

Considerando um custo-hora médio dos projetistas no valor de US\$ 14,00 este potencial de ganho ( redução de custo ) representa algo como US\$ 24500, valor este correspondente à despesa operacional do departamento eliminada apenas em função da modelagem das peças ser feita na engenharia de produto.

Foi feita recentemente a simulação de disponibilidade de recursos do DIPP para um dado novo projeto. Na condição usual o departamento precisaria de 160 horas-extras de seus

projetistas. No novo ambiente, considerando apenas o tempo ganho pela fato do modelo vir pronto da engenharia do produto, o departamento passa a necessitar de apenas 60 horas-extras.

Um outro exercício interessante seria estimar um novo tempo médio para o ciclo de manufatura.

Tomando-se como referência o tempo anterior por peça ( 175 min ), e considerando-se peças de chapas feitas em puncionadeiras ou lasers, teríamos a seguinte composição ( redução nos 175 min ):

- 30 min ( a peça vem modelada da engenharia )
- 19 min ( tempo ganho no novo nesting )
- 03 min ( tempo ganho na definição do caminho de corte )

Resulta em 123 min, tempo médio esperado ( parcial ) no novo processo

Considerando 3500 itens de chapa, sendo que 70% são fabricados em laser ou puncionadeira, o potencial de ganho ( redução de despesa operacional ) é de aproximadamente

$$(3500 * 0,7) * ( 175 - 123 ) = 127400 \text{ min ou } 2127 \text{ h ou US\$29778.}$$

Considerando a carga de trabalho diária de um projetista sendo 8 horas, este número corresponde a 265 dias de trabalho.

#### **4.4.MÉTODO E HISTÓRICO DE TREINAMENTO**

A figura a seguir busca ilustrar a questão.

## Modelo Para Treinamento

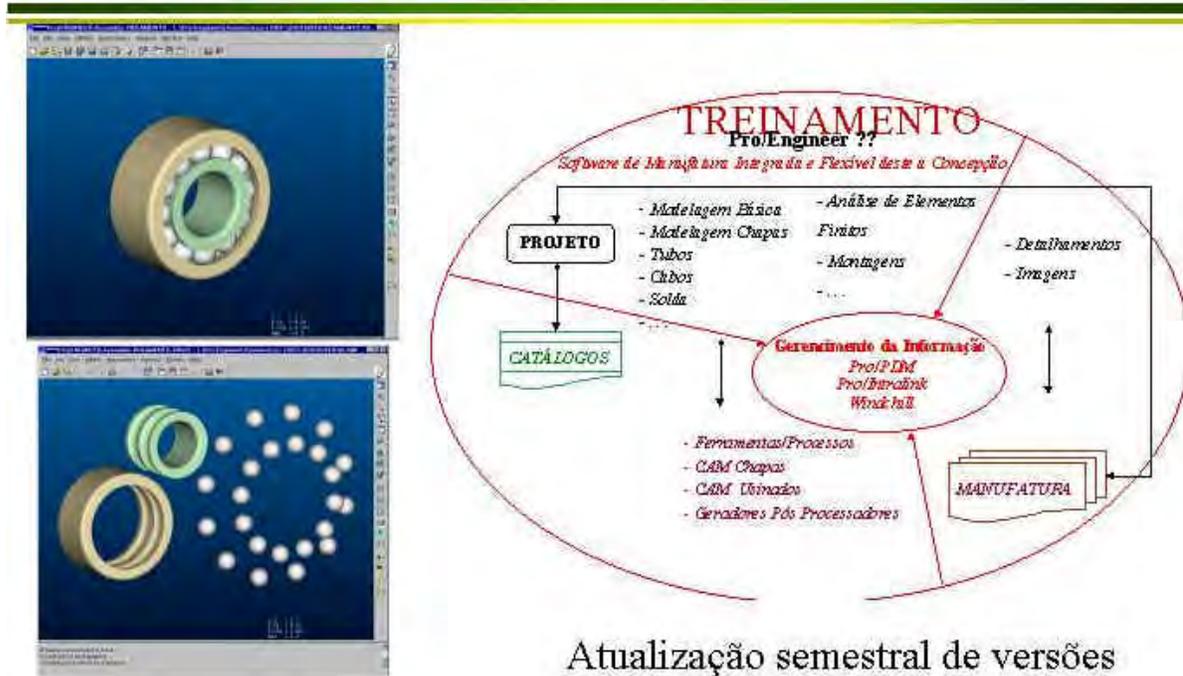


FIGURA 25 – MODELO PARA TREINAMENTO PRO/ENGINEER

A imagem do rolamento montado e “explodido” ilustra uma peculiaridade do sistema identificada desde o início da operação com o Pro/Engineer.

A montagem do rolamento pode ser feita inserindo-se individualmente cada esfera, o que implica na execução de um dado procedimento 24 vezes ou, se for do conhecimento do operador, inserindo-se uma esfera em cada lado do rolamento e então, através de procedimento adequado, automatizar a inserção das restantes vinte e duas esferas.

Significa que se o operador for corretamente treinado o mesmo procedimento pode ser realizado em um tempo aproximadamente dez vezes menor.

Outras características muito significativas do Pro/Engineer são:

- **abrangente** : seus módulos cobrem os mais diversos ramos da engenharia mecânica como design de produto básico e avançado ( com superfícies ), modelagem e manufatura de chapas, de fundidos e usinados, de plásticos e outros materiais, de circuitos elétricos e hidráulicos, controle dimensional, ergonomia, análise por elementos finitos, etc;
- **integrador**: os diferentes módulos são perfeitamente integrados e interdependentes. Significa, por exemplo, que a alteração em um elemento montado em um dado “assembly” ou conjunto montado afetará o modelo individual desta peça e o programa CNC correspondente, por exemplo. Esta ligação é, na maioria dos casos, bi-direcional.

Estas duas fortes características significam que os usuários podem ( e em muitos casos devem ) ter uma gama muito grande de conhecimentos para atuar nas várias fases do processo. Por exemplo, o engenheiro de produto atuando no desenvolvimento de chapas deverá, ao modelar suas peças, ter suficiente conhecimentos de manufatura para agregar ao modelo as características adequadas ao processo ( se a peça for ser cortada em uma puncionadeira os alívios de dobra deverão ser adequados a este tipo de máquina; os furos na peça deverão corresponder as ferramentas disponíveis no magazine padrão das puncionadeiras, etc ). Da mesma forma, sua informação original poderá ser diretamente inserida nos catálogos de peças e/ou manuais técnicos de produto.

*Nota: esta é uma das razões que em geral inviabilizam a disponibilidade de serviços sérios de consultoria deste sistema enquanto solução de Manufatura no Brasil. O “consultor” teria que ter uma fábrica a sua disposição, muito conhecimento dos processos envolvidos e tempo para aprender. Apesar disso, é possível “comprar” este tipo de consultoria no mercado. Pelo menos um de nossos fornecedores cometeu este erro ( ver Anexo 3, Episódio III, “Se eles usam, nós usaremos também” ). Outra maneira de interpretar estes fatos é que as empresas precisam adquirir e desenvolver internamente este conhecimento, direcionando-o para seus próprios processos.*

Em suma, a abrangência do sistema exigirá uma maior cultura profissional dos usuários e alto senso de responsabilidade, visão industrial, habilidade específica com o software e muita disciplina .

Outro ponto a destacar é que a cada seis meses existirão ( por força de contrato entre a PTC e a Deere & Co. ) atualizações de versão. Historicamente estas atualizações têm acrescentado e melhorado recursos que implicam em re-treinamento.

Os mesmo argumentos demonstram que, de certa forma, a empresa passa a ter compromisso com o sistema uma vez que passa a ser obrigada a investir tempo ( e estamos aprendendo que não é pouco tempo ) no treinamento dos usuários, sob pena de operar o sistema de forma extremamente ineficiente. Por outro lado, está demonstrado que usuários bem treinados têm no Pro/Engineer uma ferramenta extremamente poderosa e motivadora.

Tempo para qualificação provavelmente vai ser uma restrição permanente do sistema.

Hoje, o treinamento básico envolve um módulo inicial de 100 hs ( Modelagem Básica ), um módulo de 24 horas dedicado à modelagem de chapas e um módulo dedicado a detalhamento de desenhos, também com 24 horas. Deste modo, o treinamento inicial toma 148 hs e serve apenas para dar ao profissional uma visão geral do sistema. É necessário estabelecer-se ciclos permanentes de atualização e re-treinamentos, assim como sistematizar a divulgação de procedimentos padronizados e eficientes. Existe um programa corporativo dedicado a isso chamado “Best Practice” que está sendo adotado pela John Deere Brasil e que também vai aumentar a carga de treinamento.

Pela experiência que tivemos até agora, as áreas não estão dimensionadas para tal carga de treinamento. O afastamento dos profissionais de seus postos de trabalho para treinamento altera a produção das áreas pois as dotações de pessoal são extremamente rígidas e não consideram o tempo de treinamento em seu dimensionamento.

Este traço cultural vai ter que ser trabalhado e o tempo de treinamento dos profissionais deverá ser incluído na carga de trabalho de cada área.

Trata-se, na verdade, de mais um paradigma a ser quebrado: tempo em treinamento não é gasto mas investimento. Investimento em conhecimento e em tecnologia.

Por outro lado, pretendemos observar muito atentamente a relação treinamento x desempenho. Esta relação deverá servir como argumento para as áreas tratarem o tempo utilizado em treinamento como um investimento seguro com uma taxa de retorno bem conhecida.

Algumas referências:

Média Brasil < 1%

Média SLC-John Deere  $\approx$  2.4 %

Média John Deere Brasil = 3,86 %

Média Japão = 10 %

Média estimada para o Pro/E na JDB = 5%

Além da questão relativa a volume de tempo a utilizar, é importante considerar-se a formatação do treinamento.

De forma geral, a eficiência de Sistemas de Engenharia está diretamente ligada a capacitação profissional de seus usuários. Por exemplo, a condição ótima de utilização de um sistema de CAM é alcançada quando um bom programador CNC tem disponível um bom software de CAM, um bom suporte e treinamento. Igualmente no caso de CAD, apenas um bom projetista vai poder tirar bons resultados de um bom software de CAD.

Consideremos novamente a abrangência do ambiente Pro/Engineer.

Nele encontraremos entre outros, recursos para modelagem e manufatura de chapas, de fundidos ( modelos de fundição ), de usinados, de protótipos rápidos em escala ou na dimensão real, de tubos, de circuitos elétricos, de instruções de montagem, de folhas de processo, de manuais e catálogos, etc.

A prática tem demonstrado que o melhor depositório e divulgador de conhecimentos relativos a cada recurso específico é o próprio profissional especializado.

Desta forma trabalhamos no sentido de tornar nossos melhores programadores de CAM de chapas, instrutores deste tema para toda a companhia. Segue-se o mesmo padrão nas outras áreas.

As condições de contorno necessárias para implantarmos este modelo são duas. Em primeiro lugar é necessário que a companhia reconheça como investimento o tempo e recursos que serão aplicados na formação e aperfeiçoamento destes instrutores ( e em todos os usuários, conforme argumentação anterior ). Em segundo lugar é necessário desenvolver o ambiente de tal forma que naturalmente os usuários busquem suporte nos usuários-instrutores. Por exemplo, o

engenheiro de produto que está desenvolvendo um fundido ( e conseqüentemente modelando geometrias mais complexas ) deve sentir-se à vontade para procurar apoio na pessoa responsável por fundidos, a qual deve ter sido adequadamente treinada para fornecer tal suporte.

Esta política está sendo aplicada com sucesso à modelagem de chapas e fundidos em particular e em geral para todos ou módulos do Pro/Engineer.

Os módulos atualmente em uso e suportados pela equipe de Sistemas de Engenharia são:

- Pro/E Básico – modelagem básica.
- Assembly e Detalhamento – montagem de conjuntos e geração de desenhos 2D.
- Pro/SheetMetal – modelagem, desenvolvimento ( desdobramento ) de chapas.
- Pro/Surface – modelagem de superfícies complexas.
- Pro/Piping – tubos e mangueiras
- Pro/Cabling – cabos elétricos
- Pro/Casting e Moldesign – modelagem de moldes de usinagem e para plásticos.
- Pro/NC SheetMetal – CAM de chapas
- Pro/NC Machining – CAM para usinagem
- Top Down Design (Pro/Program) – programação no Pro/Engineer
- Vismockup – Visualizador de modelos
- G-POST – geração de pós-processadores
- Pro/Intralink – ambiente de gestão dos modelos Pro/Engineer.

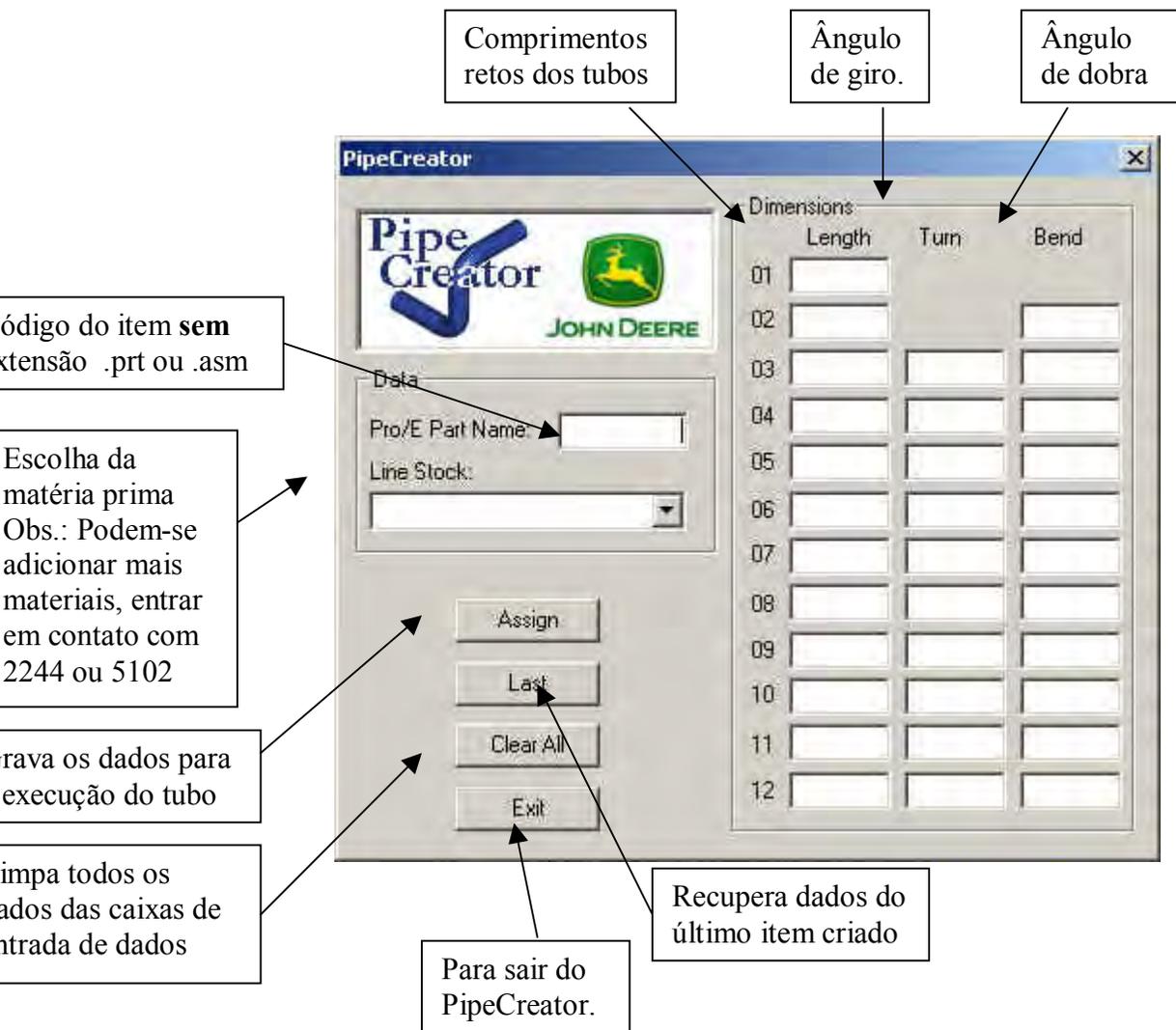


FIGURA 26 – EXEMPLO DE MATERIAL DE TREINAMENTO

## 4.5 LIÇÕES APRENDIDAS

### 4.5.1 Por que deu certo ?

Neste capítulo procura-se descrever alguns fatores que somaram no sentido de tornar possível ao grupo Sistemas de Engenharia atingir seus objetivos nestes oito anos de trabalho.

#### **4.5.1.1 Formação técnica da mão de obra em geral.**

- ❑ Programa de Aprendizagem Industrial: ver Anexo 8 – O curso de Aprendizagem.
- ❑ Curso Técnico em Mecânica: mantido através de convênio com a Escola Jorge Logemann e o SENAI, este é um curso técnico com duração de quatro anos nos quais forma-se a mão de obra de nível técnico da John Deere Brasil.
- ❑ Programas de Incentivo a formação profissional
  - Pagamento parcial de cursos de inglês ( média de 225 estudantes em 2002 )
  - Pagamento parcial de cursos técnicos de interesse da companhia ( média de 214 estudantes em 2002 )
  - Pagamento parcial de cursos universitários de interesse da companhia ( média de 220 estudantes em 2002 )
  - Pagamento parcial de cursos de Pós-Graduação e Mestrado de interesse da companhia. ( média de 48 em 2002 )
- ❑ Bom nível médio de formação acadêmica dos funcionários da empresa
  - Primário Incompleto: 3,24%
  - Primário Completo: 9,61%
  - Secundário Incompleto: 19,32%
  - Secundário Completo: 36,52%
  - Superior Incompleto: 15,55%
  - Superior Completo: 15,76%

#### **4.5.1.2 Consistência nas informações prévias sobre a mão de obra**

- ❑ Os projetistas treinados como usuários iniciais do sistema foram selecionados com base em sua experiência profissional e conhecimento de processos. No caso de novatos ( técnicos ou engenheiros ) estes receberam treinamento apenas após um período de

estágio nos processos em que seriam treinados. Desta forma, ao conhecimento de processos vinha-se somar o conhecimento da nova ferramenta.

- ❑ A empresa treinou apenas pessoas com uma perspectiva profissional razoável dentro da empresa. Independentemente de idade ou tempo de serviço, procurou-se identificar funcionários que pudessem retornar o longo investimento a ser feito em sua formação. Incluíram-se no processos de treinamento alguns poucos técnicos em fase de aposentadoria e que posteriormente viriam a ser recontratados.

#### **4.5.1.3 Sobrevivência mínima garantida**

- ❑ As pessoas em Horizontina constituem uma comunidade estável. Os funcionários da John Deere Brasil sabem que desde que qualifiquem-se profissionalmente e dediquem-se aos processos da empresa têm seus empregos garantidos por anos. Desta forma cria-se uma condição onde a “sobrevivência mínima” ( ou seja, seu emprego ) está garantida. A partir daí o indivíduo pode dedicar-se a ampliar seus horizontes buscando seu crescimento profissional.
- ❑ Seria um interessante objeto de estudo avaliar a aplicabilidade deste argumento em centros populacionais mais instáveis, onde a rotação da mão de obra fosse maior. Cria-se aí um problema sério para a empresa pois trata-se de um investimento de médio prazo a ser feito em um funcionário que eventualmente não permanecerá na organização. Do ponto de vista do funcionário neste ambiente pouco saudável, a dedicação a treinamento pode ser visto como um fator de vulnerabilização de sua posição na organização, uma vez que estaria “gastando tempo em treinamento em vez de produzir”. Infelizmente este tipo de pensamento é mais comum do que o desejável.

#### **4.5.1.4 Tradição da empresa em encarar novas tecnologias**

A John Deere Brasil tem uma longa tradição de encarar de forma segura, arrojada mas não impulsiva novas tecnologias tanto em termos de produtos como em termos de meios de produção ( Ver Capítulo 3 .2 Breve Histórico da John Deere Brasil e Capítulo 3.3 Evolução do Cenário Tecnológico na John Deere Brasil ).

#### **4.5.1.5 Definição da empresa por um projeto de implementação**

A implementação do Pro/|Engineer não se deu de forma natural. Houve uma ruptura programada de paradigmas. Desta forma pode-se controlar todas as variáveis e explorar todos os potenciais.

#### **4.5.1.6 Patrocinadores para os primeiros tempos**

Em se tratando de um processo de sucessivas quebras de paradigmas, foi inestimável o papel dos dois patrocinadores iniciais do projeto, o Diretor Industrial Jorge Krueel e o Gerente de Engenharia, Jones Dalmolin. Sem seu apoio e alto nível de confiança na equipe de implementação as resistências não teriam sido vencidas.

#### **4.5.1.7 Políticas de implementação corretas**

- identificar os potenciais e se focar neles. Os critérios para identificar os potenciais são
  - identificação de um processo a melhorar
  - identificação de retorno efetivo a partir da melhoria do processo
  - disponibilidade de tecnologia adequada
  - disponibilidade de suporte local
  - projetos-piloto
- todas as novas tecnologias são introduzidas na John Deere Brasil através de pequenos projetos-piloto ( para a caracterização destes projetos-piloto ver Capítulo 4.2.1 Projeto Piloto da Utilização do Pro/Engineer em Manufatura. ).

#### **4.5.1.8 Gestão da tecnologia pela empresa**

Este talvez tenha sido um dos fatores mais decisivos para o sucesso da implementação.

Desde os primeiros movimentos na direção de CAD e CAM em 1993, a empresa tem a crença que a gestão das tecnologias-chave em seus processos deve ser interna.

Na época esta postura gerou conflitos pois a tendência e o usual no mercado de então era terceirizar esta gestão. As propostas-padrão das empresas de consultoria eram: “entregue-me o problema, nós entregamos a solução ( !?!? ) e você paga a conta”.

A evolução do mercado nacional ( e em particular na Região Sul ) mostrou que esta atitude dos prestadores de serviço era no mínimo irreal e provavelmente pouco ética.

Algumas decisões erradas tomadas por empresas da Região Sul e baseadas no argumento “meu produto é melhor e eu conheço seu processo melhor do que você” gerou situações em alguns casos não resolvidas até hoje. Para ilustração de um caso que potencialmente teria um mau desfecho ver Anexo III Edisódio II “Pode mudar que eu garanto”.

A opção da John Deere foi ter em seu quadro pessoas com suficiente conhecimento técnico de sistemas e do negócio para gerir o relacionamento com parceiros (?) externos, direcionando o trabalho destas empresas de acordo com os interesses da companhia.

Baseado neste princípio, vários relacionamentos mutuamente produtivos e de longo prazo foram estabelecidos. Por outro lado, várias empresas mais rígidas em sua aproximação foram afastadas do convívio com a John Deere.

Um fato básico é que prestador de serviços vende seu produto. Ainda que sua atuação seja como integrador de soluções de vários fabricantes e não simplesmente revenda, a meta do prestador é vender o seu produto ( software, serviço de consultoria ) o qual nem sempre é a melhor solução para o cliente.

Esta é uma situação desigual na qual o fornecedor tem inicialmente mais conhecimento tecnológico do que seu potencial cliente. O mau fornecedor usa esta vantagem para vender seu produto e manter uma relação de dependência o maior tempo possível. Tal situação tem sido observada tipicamente em empresas pequenas e médias que procuram entrar no mundo de Sistemas de Engenharia e são atendidas por empresas que dedicam-se exclusivamente a vender produtos e serviços.

Uma situação mais equilibrada é observada entre duas empresas que já mantêm relações técnicas diversas e onde uma delas domina a tecnologia desejada pela outra. Deste modo o interesse da empresa fornecedora é manter e ampliar a relação já existente o que provavelmente

vai levar-lhe a uma atitude muito mais isenta, buscando realmente ajudar o cliente a alcançar a melhor solução.

Tipicamente, no entanto, a primeira situação é mais freqüente, até mesmo quando o potencial cliente é uma empresa grande sem domínio interno da nova tecnologia.

Um dentre muitos exemplos vividos na John Deere foi o seguinte.

Logo no início do processo de implantação do primeiro sistema de CAD na então SLC ( 1993/1994 ), nossa conta na IBM era administrada por um “Especialista em Aplicações Industriais”. A aquisição inicial, composta por equipamento especificado por especialistas da John Deere, foi da ordem de US\$80000,00 aproximadamente. Entre o equipamento adquirido estava um plotador de tamanho A0. Entre outras “preciosidades” o especialista da IBM demonstrou claramente que não conhecia os tamanhos padrão de papéis utilizados em engenharia ( A0, A1, etc ). O plotador adquirido pela SLC foi o primeiro visto pelo “especialista”.

A lição que ficou destes tempos primeiros foi que considerando realisticamente o mercado, vale a pena incluir na estrutura da empresa conhecimento gerencial para a implantação de sistemas. Esta gestão será feita baseada nos interesses e estratégias da empresa e não nos interesses de um dado fornecedor.

#### **4.5.2 Ameaças**

Uma avaliação cuidadosa do histórico da implantação do Pro/Engineer na John Deere Brasil demonstra que nas diferentes fases de absorção desta nova tecnologia ocorrem diferentes ameaças.

□ **Fase inicial de definição** – quando não se conhece consistentemente uma nova tecnologia existem muitas perguntas sem resposta. Neste período é crucial o trabalho gerencial no sentido de criar e divulgar uma visão clara do cenário que quer-se alcançar. Esta visão clara orientará a busca por respostas certas a perguntas certas. No caso da então SLC esta visão foi construída baseada na experiência anterior com modelagem, nas necessidades de melhorias nos processos identificadas pelos projetistas e nas referências oferecidas pela John Deere. É

pertinente notar que se fôssemos basear a construção desta visão em casos do mercado de então, não teríamos feito a implantação.

□ **Fase de treinamento** – aqui a grande ameaça foi um conjunto de paradigmas que técnicos. Formou-se um mito na corporação ( que refletiu-se em Horizontina ) de que o sistema seria bem operado apenas por pessoal altamente qualificado como engenheiros. Verdadeiras “histórias de terror” foram contadas para ilustrar este fato. Na verdade, basta entender que os patamares de treinamento são de fato mais altos ( 40 hs são suficientes para formar um bom operador de Mechanical Desktop, por exemplo. No mínimo são necessárias 100 horas de treinamento para operação não necessariamente em sua complexidade. O medo de que estas características inviabilizassem a implementação em determinado momento efetivamente ameaçou a conclusão do projeto.

□ **Implementação propriamente dita** – a ameaça maior aqui foi a tentação de buscar resultados imediatos. Embora conhecido o conceito de “Curva de Aprendizagem”, diversos problemas históricos pressionavam o projeto para fora do caminho da “visão futura” . Num ambiente de recursos escassos ( poucas pessoas adequadamente treinadas para conduzir o processos ) estes desvios podem ser fatais. Houve muita pressão, por exemplo, para resolverem-se rapidamente problemas relacionados a geração de pós-processadores. Este estudo requeria posteriormente tempo e recursos ( inclusive viagens internacionais ). No momento de implementação era necessário atingir-se rapidamente resultados que justificassem a continuidade do projeto. Evitou-se, portanto, derivar da linha principal.

□ **Disseminação da tecnologia** – neste período a ameaça foi dupla. Por um lado foi necessário conter o impulso de tornar o sistema solução para tudo. Até hoje são utilizados alguns sistemas em paralelo com o Pro/Engineer. Estes sistemas justificam-se em função da especificidade dos processos a que atendem. Um exemplo é o software de CAM das máquinas de corte laser Triumph. A segunda ameaça ( pela qual, aliás, a companhia paga até hoje ) é a omissão de áreas da companhia que consideram sua única função satisfazer as demandas do momento. Estas áreas postergaram ao máximo a adesão ao novo ambiente, sempre alegando não ser possível “trabalhar e aprender ao mesmo tempo”. Infelizmente houve então falta de uma liderança mais forte que não aceitasse esta alegação.

□ **Estabilização** – nesta fase o sistema começa a mostrar resultados e é possível visualizar-se o ciclo completo. No caso da John Deere Brasil a ameaça foi a exposição de seus profissionais ao mercado. Uma vez que a tecnologia estava evoluindo no mercado e que as operações industriais da John Deere em geral e no tocante a sistemas em particular estavam sendo vistas como modelo, perdemos profissionais ( principalmente engenheiros ) para empresas como Audi ( Alemanha ), Mercedes ( Brasil ), Volvo ( Suécia ) e Embraer.

□ **Manutenção** – é a fase em que vivemos. A ameaça maior ( e daqui para frente, permanente ) é a perda de controle sobre os padrões estabelecidos. Existe um volume de trabalho muito grande relacionado a esta atividade vital que deve ser mantido e permanentemente reavaliado.

#### 4.6 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados até o momento alcançados podem ser resumidos nos seguintes fatos:

□ Evidentemente existiu um aumento de eficiência individual do projetistas, tanto de ferramental como de produto. Desde a implantação do Pro/Engineer o número de itens novos desenvolvidos pela John Deere Brasil cresceu de 1350 em 1998 ( 112 itens novos/mês ) para 6775 em 2002 ( 565 itens novos/mês na média ) . O número de projetistas cresceu de 26 em 1998 para 34 em 2002. Desta forma podemos dizer que a produtividade média cresceu de 4,3 itens novos/mês por projetista em 1998 para 16,6 itens novos/mês por projetista em 2002. Em resumo:

	1998	2002
Itens novos/mês	112	565
Projetistas	26	34
Produtividade	4,3	16,4

□ O nível de integração na operação como um todo cresceu tremendamente. Ítens que tenham o controle de engenharia em Horizontina podem ser modificados pela Engenharia do

Produto e ter estas modificações refletidas quase que instantaneamente em todos os processos dependentes, graças a ligação mantida pelo Pro/Engineer ( relacional e paramétrico ) entre o modelo da peça suas derivações. Se a peça for um fundido, por exemplo, uma modificação feita no modelo de engenharia da peça vai refletir-se no modelo do bruto ( peça com sobre-metal ), nos modelos da ferramenta de fundição, nos programas CNC que controlarão a usinagem da peça bruta, nas instruções de montagem da peça e na própria estrutura de produto.

□ Podemos ver a integração alcançada também sob o ponto de vista de outras áreas da companhia que não as engenharias de produtos ou manufatura. A área de serviços, por exemplo, foi diretamente beneficiada e afetada em seus principais processos. A geração de manuais e catálogos, por exemplo, hoje é feita completamente baseada nas informações oriundas da Engenharia de Produto no ambiente Pro/Engineer. Não apenas o nível de controle sobre a atualização de informações de manuais e catálogos foi ampliado enormemente. A própria geração das imagens de componentes e conjuntos assim como a lista de componentes de cada página são gerados dentro do ambiente de Sistemas de Engenharia. Neste momento estudam-se oportunidades de utilização das informações de engenharia dentro do universo dos Concessionários de outras formas que não apenas através de publicações técnicas.

□ Um pesquisa realizada em 2002 com 100% dos projetistas, mostrou que um elevado índice deles considera que o Pro/Engineer

- Tornou-os muito mais eficientes em suas funções
- Tornou-os mais competitivos no mercado de trabalho
- Contribuiu significativamente para a permanência de seus empregos na John Deere
- Elevou seu nível profissional de forma geral
- Vários anotaram como comentário adicional não entender como trabalhavam antes do Pro/Engineer

É interessante observar que muitos indicaram como falha no processo de implantação a não disponibilidade de mais tempo para aprendizagem. Existe a consciência de que a ferramenta pode dar mais resultados desde que conhecida mais profundamente.

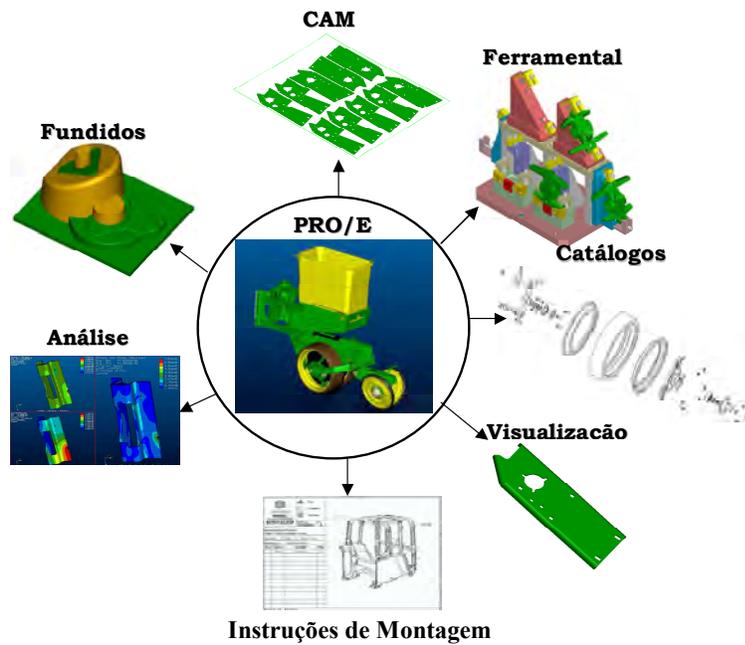


FIGURA 27 – INTEGRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DE ENGENHARIA

A figura acima ilustra algumas das funcionalidades que hoje são alcançadas e mantidas a partir do modelo original da engenharia.

#### 4.7 FEEDBACK DA CORPORAÇÃO

De forma geral, o processo de introdução de novas tecnologias na John Deere Brasil tem seguido o seguinte padrão.

- ❑ A nova tecnologia é identificada pelos grupos de pesquisa da companhia nos Estados Unidos .
- ❑ Algum produto ( em geral, novos produtos ) são escolhidos para um projeto piloto.

- ❑ O projeto piloto é informado a comunidade de engenharia.
- ❑ A John Deere Brasil identifica a nova tecnologia uma oportunidade na utilização da nova tecnologia e inicia um processo de entendimento da mesma.
- ❑ A John Deere Brasil inicia um projeto piloto, usualmente muito mais realista do que o realizado pela corporação ( a razão para isso é muito simples. Os grupos de desenvolvimento e implementação de novas tecnologias são separados das fábricas. São considerados grupos de elite dedicados a identificar e planejar a utilização de novas tecnologias. Muito claramente, no entanto, tecnologia de engenharia não se desenvolve eficientemente apenas em escritórios ou em laboratórios mas sim em campo ( ou em fábricas). Por estar completamente integrado aos processos de manufatura de suas fábricas, o grupo de Sistemas de Engenharia da John Deere Brasil tem conseguido alto nível de eficiência em identificar e implementar novas tecnologias no mundo real da engenharia ).
- ❑ Os resultado alcançados no Brasil são apresentados a Corporação.

#### **4.8 MUDANÇAS NA ESTRUTURA DE PODER DA COMPANHIA**

Um dos fatos mais marcantes ( e de certa forma surpreendentes ) no processo de implementação do Pro/Engineer em Horizontina relaciona-se a quebra de uma estrutura de poder estabelecida nas unidades de manufatura desde o início das operações industriais da companhia.

O processo de engenharia anterior a utilização caracterizava-se por uma série de etapas estanques entre si e que exigiam a “coordenação” por parte de um elemento.

Na prática, os grupos de engenharia de manufatura constituíam-se de projetistas ( eminentemente focados em desenvolver os projetos de processos e ferramentais e de engenheiros de manufatura focados em administrar estes processos.

Criou-se ao longo do tempo um perfil de “engenheiros-administradores” muito mais focados na administração da burocracia dos projetos ( reunir e fazer andar as diferentes informações que constituem um projeto ) do que propriamente em aplicar seus conhecimentos técnicos na melhoria destes projetos.

Uma vez que o Pro/Engineer ( e qualquer sistema de seu porte ) faz este trabalho de integração e controle, esta função ficou esvaziada.

Os engenheiros mais intuitivos ( ou mais engenheiros ) deram-se conta que tratava-se de uma real oportunidade de focarem-se em fazer engenharia, minimizando sua dedicação as tarefas administrativas.

Alguns, no entanto, não conseguiram quebrar o antigo paradigma e foram, de uma forma ou de outra, afastados do processo.

Para os projetistas o novo ambiente abriu possibilidades de efetiva expansão profissional pois no ambiente integrado eles passaram a ter visibilidade de todo o processo. Junto com esta visibilidade vieram oportunidades e interferir nas diferentes fases do projeto através da interação com colegas de outras áreas.

Um exemplo ilustrativo foi nosso processo de projeto e manufatura de fundidos descrito em 4.2.3 Utilização em Modelagem e Fabricação de Fundidos.

De um processo estanque em que três profissionais passavam seqüencialmente informação um para o outro ( projetista da engenharia de produto definindo o componente, projetista da Ferramentaria definindo a peça bruta e o processo de usinagem e o técnico de fundição definindo o processo de fundição ) passamos a ter uma equipe única com os três profissionais atuando simultaneamente na concepção do componente e de seu processo de fabricação.

# **5 NOVOS PARADIGMAS - DESDOBRAMENTOS DOS SISTEMAS DE ENGENHARIA DA JOHN DEERE BRASIL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉC. XXI**

## **5.1 PADRONIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE ENGENHARIA**

A John Deere como corporação escolheu como estratégia de manufatura buscar “projetar em qualquer lugar, fabricar em qualquer lugar” .

Esta linha foi definida a mais de uma década e gerou um volume imenso de trabalhos teóricos e práticos, assim como movimentou um volume considerável de dinheiro.

A finalidade da estratégia é auto-explicativa e baseia-se completamente no conceito de mercado global e na filosofia de redesenho de processos ( sim, pois agora os processos tem que ser globais ).

Certamente fugiria ao escopo deste trabalho descrever estes processos ( e mesmo não seria possível fazê-lo de forma completa em função da ainda confidencialidade de parte deles ).

No entanto, dentro do escopo do presente trabalho é pertinente comentar-se que a decisão de buscar um sistema de engenharia único globalmente e financiar todas as suas derivações dentro da organização baseou-se nesta estratégia.

As próximas páginas tratarão de uma descrição sintética e na medida do possível completa ( pois aqui também existem informações sob confidencialidade ) deste ambiente único e tecnologicamente avançado.

Para melhor orientar o leitor é conveniente comentar que muito por circunstâncias históricas e muito pelo valor dos engenheiros brasileiros envolvidos nestes processos, a John Deere Brasil detém hoje dentro da Corporação John Deere a maior diversidade de utilização do Pro/Engineer como ferramenta de desenvolvimento de produtos e, particularmente no caso da Engenharia de Processos, algumas das aplicações mais avançadas da corporação.

Foi recentemente feita uma avaliação com o Diretor Global de Sistemas de Manufatura da companhia, o qual corroborou esta informação. Infelizmente, os detalhes desta avaliação permanecerão confidenciais por alguns anos.

Em resumo, a John Deere Brasil está desenvolvendo em Horizontina boa parte das soluções de sistemas que compõem o ambiente de engenharia da corporação na década que se inicia.

Como comentário adicional devemos considerar que toda a tecnologia aqui presente é bastante recente e, em alguns casos, inédita no Brasil. Conseqüentemente a literatura acadêmica a respeito é escassa e a maior parte da informação disponível no mercado tem sua origem em fornecedores de soluções o que certamente diminui o grau de isenção desta informação.

Toda a informação a seguir apresentada foi retirada de documentos internos da John Deere ou de anotações e pensamentos de funcionários da corporação e refletem sua interpretação destes conceitos.

## **5.2 MANUFATURA VIRTUAL**

### **5.2.1 Conceito de Modelos Derivativos**

Logo que surgiram os primeiros sistemas de CAD em 2D, ficou evidente um problema. Era necessário desenvolver maneiras para extrair informação do sistema de CAD para outros sistemas que interagem ou fazem parte do processo de projeto. Por exemplo, sistemas de CAE e de CAM precisavam ser capazes de ler e interpretar as informações geradas em CAD.

Desta maneira, diversos assim chamados “Formatos Neutros” foram desenvolvidos e apresentados ao mercado como solução para a integração entre as diversas partes de um sistema de engenharia. A evolução das ferramentas de CAD ( ver Revisão Bibliográfica ) apenas complicou o problema uma vez que a forma como as entidades eram descritas assim como o volume de informações sobre cada entidade tornou-se muito maior. Alguns exemplos de formatos neutros:

DXF – Lançado e difundido pela Autodesk foi por um bom tempo padrão de mercado para desenhos 2D

IGES – Foi uma tentativa de desenvolver um formato neutro apto a transferir informação entre 2D e 3D. Uma interessante descrição de sua finalidade pode ser obtida em <http://www.poderia.usar.desenhos.ou.modelos.de.engenharia.nist.gov/iges/about.html>

STEP – Padrão adotado pela NASA para CAD 2D e 3D. A leitura da norma que define sua adoção pode ser feita em <http://www.hq.nasa.gov/office/cio/standards/2817.pdf> e é bastante interessante e atual.

Por outro lado, conforme os sistemas evoluíram e a informação neles contida ficou mais completa ( e por isso mesmo mais complexa ) mais e mais oportunidades para uso dentro das organizações apareciam. Por exemplo, marketing poderia utilizar desenhos e modelos de engenharia para suas ações; a área de engenharia industrial poderia utilizar desenhos em modelos para planejamento e de layout; etc.

A solução possível então, além do uso dos formatos neutros ( sempre com suas limitações ) era dotar cada uma destas áreas de um software de CAD compatível com o CAD utilizado pela engenharia. Além do custo de licenciamento existiam agregados a esta solução os custos de treinamento ( muitas vezes de pessoal sem maior capacitação técnica ) e de manutenção.

No momento em que as empresas passaram a redefinir seus processos em busca de um foco mais estreito, muitas vezes terceirizando muitas das atividades antes realizadas dentro da própria organização, a necessidade de “tirar” a informação dos sistemas da engenharia e torná-la disponível para fornecedores tornou-se progressivamente mais importante.

Observou-se no mercado movimentos de grandes empresas ( em particular na indústria automobilística ) no sentido de estabelecer meios de pressão sobre seus fornecedores para que estes adotassem seus sistemas de CAD. Desta forma seria possível que pudessem tirar vantagem nas informações CAD e desta forma reduzir seus custos.

Ocorre que em muitos casos a vantagem potencial na adoção do mesmo sistema do cliente muitas vezes não cobria os custos desta implantação. Em outras situações uma empresa que fornecia para diversas montadoras, por exemplo, era obrigada a adotar diferentes sistemas de CAD como forma de habilitar-se a transacionar com o cliente.

Um aspecto adicional era que a informação obtida pelo fornecedor era muitas vezes redundante. Um fornecedor de pintura para determinada peça necessitava de um conjunto de

informações sobre uma dada peça diferente das informações necessitadas por um fornecedor de serviços de usinagem e diferentes de um fornecedor de embalagens, por exemplo. Ocorre que para viabilizar os negócios os três fornecedores tinham que capacitar-se a “ler” os modelos do cliente com todas as informações anexadas.

A John Deere sofreu durante bastante tempo com estes problemas, tanto interna como externamente. Tentou-se, por exemplo, soluções para geração de folhas de processo e manuais e catálogos de produtos. Da mesma forma sofremos com as limitações impostas aos negócios com fornecedores.

Por algum tempo a solução aparentemente seria dada pelo próprio mercado.

Os custos de aquisição de sistemas CAD do nível dos utilizados pelas grandes empresas diminuiu. Aparentemente a solução seria prover aos fornecedores ao menos as partes necessárias de um Pro/Engineer ou Catia, por exemplo.

No entanto, a complexidade dos sistemas permaneceu crescendo assim como os custos para implantar e manter estes sistemas. Permanecia, portanto, caro e complexo prover a fornecedores internos ou externos informações específicas presentes no modelo de engenharia.

Era necessário a criação de um novo conceito que permitisse extrair dos modelos de engenharia as informações pertinentes sem os níveis de custo de um sistema CAD.

O modelo derivativo por definição é todo modelo extraído de um modelo tridimensional ou de um desenho 2D que carrega consigo as informações do arquivo original.

Seguindo-se esta definição, arquivos como .dxf, .tiff, .hpg, entre outros, são arquivos derivativos de CAD 2D.

Já os arquivos .IGS, .STP, entre outros são derivativos mais específicos para 3D.

O formato .JT também é um modelo derivativo de CAD 3D. A diferença entre o .STP e o .IGS é que ele não permite a edição de sua geometria, ou seja, é impossível modificá-lo através de um sistema CAD.

A grande vantagem deste arquivo derivativo de formato .JT - chamado de Direct Model - é que ele utiliza um algoritmo muito poderoso, capaz de copiar características (features) dos sistemas CAD de origem (Pro/E, CATIA, UniGraphics) como nenhum outro gerador de arquivos

derivativos. É uma cópia perfeita do CAD de origem, inclusive, traz consigo informações relativas a todos os metadados da origem CAD. Outro fator muito importante a ser considerado é o tamanho deste arquivo que é, pelo menos, quatro vezes menor que o arquivo CAD de origem, chegando muitas vezes a ser até dez vezes menor, facilitando o envio (troca) de informações de maneira efetiva; sem perdas de informações da geometria. O tamanho reduzido do arquivo resulta em vantagem para tráfego na rede.

Ponto importante que deve ser levado em consideração é o baixo custo de aquisição e manutenção deste tipo de tecnologia.

Exemplo interessante foi verificado no desenvolvimento de itens rotomoldados na John Deere Brasil. O tempo médio de desenvolvimento de um item com a empresa parceira era de aproximadamente três semanas. Com a implementação da tecnologia de utilização de arquivos 3D no formato .JT (Direct Model), chegou-se ao nível de desenvolvimento de três itens por semana, contribuindo significativamente para o bom desenvolvimento da relação com o fornecedor, melhoria na comunicação, melhoria nos prazos de entrega, redução de custos de fabricação, etc.

Neste caso, o fornecedor adquiriu, sob orientação da John Deere Brasil, todos os softwares necessários para manipulação dos arquivos .JT .

### **5.2.2 Conceito de Manufatura Virtual**

Com a finalidade de competir no mercado mundial, a John Deere procurou desenvolver processos que permitissem reduzir o tempo de desenvolvimento de seus produtos de forma a tê-los no mercado antes da concorrência.

Desenvolveu-se a idéia de Manufatura Virtual cuja visão é “Ir do conceito ao aço digitalmente, sem a construção física de nem um protótipo”.

Mais objetivamente Manufatura Virtual significa o uso de ferramentas eletrônicas disponíveis no mercado (E-Tools) e que utilizam modelos derivativos de sistemas tridimensionais.

A John Deere definiu como objetivos iniciais para a adoção desta tecnologia:

- ❑ Reduzir o tempo necessário para a obtenção de dispositivos para fabricação e para tornas disponíveis estes dispositivos na fábrica;
- ❑ Possibilitar a demonstração da preparação da manufatura, simulando virtualmente todos os passos de um dado processo.
- ❑ Possibilitar que os engenheiros resolvam os problemas da linha durante a sua construção virtual ( antes que qualquer elemento real seja construído ) ao invés do método tradicional de planejamento de atividades durante a construção da linha de montagem.
- ❑ Possibilitar uma capacidade de visualização sem precedentes, capacidade esta que vai influenciar o próprio conceito implementado na linha.

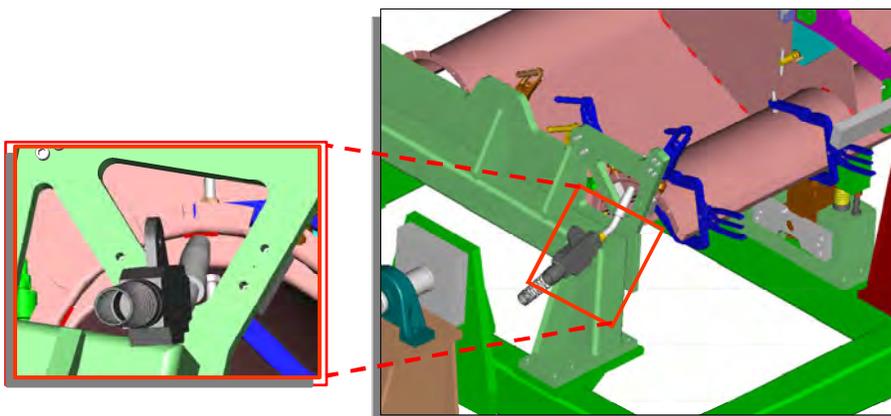


FIGURA 28 – EXEMPLO DE CONSTRUÇÃO EM MANUFATURA VIRTUAL

#### 5.2.4 Conceito de Ferramentas Eletrônicas ( E-Tools )

E-Tools é o termo utilizado para classificar uma série de softwares que fazem uso de modelos tridimensionais originados de modelos CAD 3D, ou seja, que utilizam-se de Modelos Derivativos.

Não fazem parte de E-Tools, softwares como

- Modeladores CAD, como Pro/ENGINEER, CATIA, UniGraphics
- Gerenciadores de Modelos, como Pro/INTRALINK
- Softwares de Análise Estrutural, como ANSYS, NASTRAN

São exemplos de softwares que fazem parte de E-Tools:

- VisMockup – visualizador de modelos derivativos
- Metrolog II – utilizado para uso em CMM e braços de medição
- UltraArc – utilizado para programação off-line de robôs de solda e pintura

### **5.2.5 Conceito de Construção Virtual ( E-Building )**

O processo de Construção Virtual é a espinha dorsal da Manufatura Virtual.

Combina informações de todos os grupos envolvidos nos processos de manufatura com a finalidade de validar um grande número de elementos incluindo-se o projeto do produto, estratégia de montagem, ferramentas de montagem, ergonomia e lista de materiais.

Fundamentalmente trata-se de estabelecer um contato diário entre engenheiros de projeto e de manufatura tendo por cenário um ambiente virtual.

Através deste contato e do uso de ferramentas computacionais de projeto e de análise busca-se corrigir problemas antes da liberação de desenhos, processos, ferramentais e linhas de produção.

Assim sendo, a primeira vez que o produto será fisicamente construído será para venda.

Algumas das funcionalidades atingidas com a construção virtual são listadas a seguir.

#### **5.2.4.1 Investigação do Conceito do Projeto**

O processo de construção virtual provê a primeira oportunidade para visualização de um produto inteiro. Com o produto inteiro é possível realizar-se tanto análises estáticas como

dinâmicas, verificações de colisões entre parte do produto ou do produto com o meio, métodos de montagem, etc.

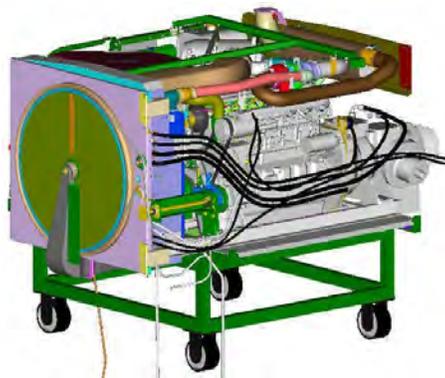


FIGURA 29 – MOTOR MONTADO VIRTUALMENTE SOBRE PLATAFORMA DE TRANSPORTE

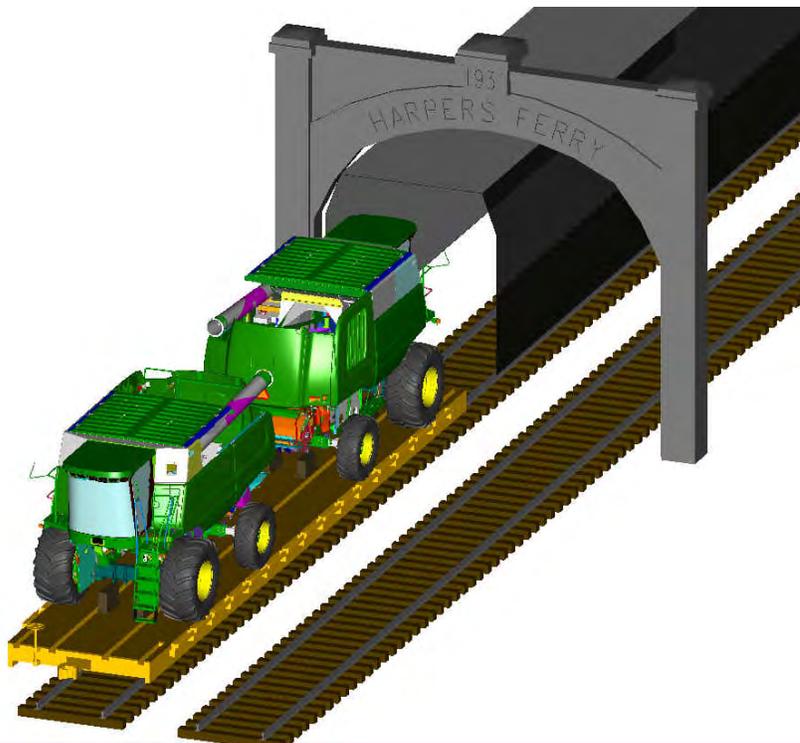


FIGURA 30 – PRODUTO COMPLETO MONTADO PARA ESTUDO DE TRANSPORTABILIDADE

O processo de construção virtual na verdade desenvolve e verifica a estratégia de montagem. Componentes modulares são montados virtualmente e os conceitos de montagem concebidos no momento da criação destes componentes são revistos. Oportunidades para sub-montagens são identificadas, visualizadas e verificadas. A seqüência dos eventos de manufatura é estabelecida, otimizada e verificada para cada componente.

#### 5.2.4.3 Verificação do Ferramental de Montagem

O processo de construção virtual usa o modelo do produto para verificar o ferramental de montagem. A acessibilidade de caminhos nas ferramentas são verificados. Modelos sólidos de ferramentas manuais podem ser importados para uso com o modelo do produto no ambiente virtual.

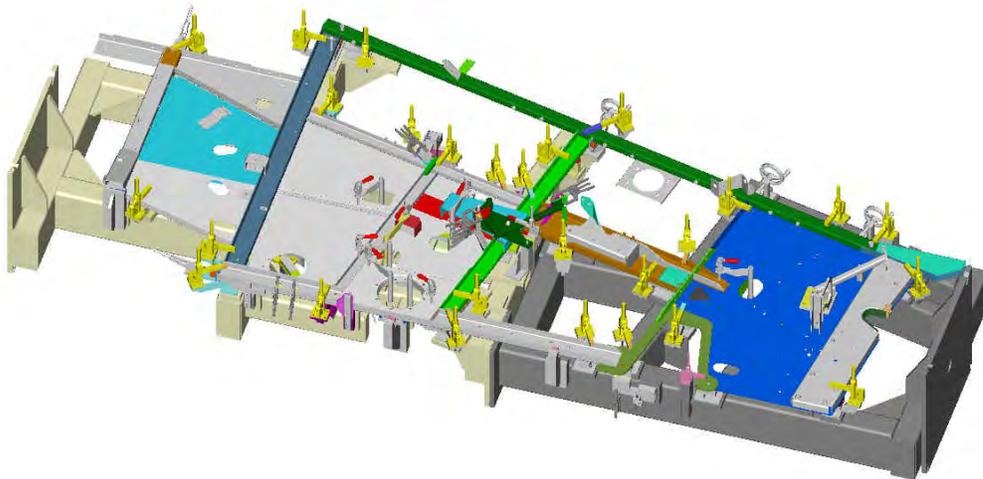


FIGURA 31 – MONTAGEM VIRTUAL DE UMA FERRAMENTA DE FIXAÇÃO PARA SOLDA

#### 5.2.4.4 Análise Ergonômica na Manufatura

O processo de construção virtual permite análises ergonômicas a serem realizadas antes que qualquer componente físico esteja disponível. A acessibilidade de componentes pode ser checada para estar-se certo que as mãos e ferramentas dos técnicos de montagem ou de manutenção poderão alcançar componentes internos. Análises avançadas de movimentação e

disposição física podem ser rapidamente feitas e mudanças rapidamente feitas no projeto do produto ou o layout da estação de montagem pode ser modificado para reduzir a fadiga do técnico envolvido.

No CD de animações anexo a este trabalho existem dois exemplos interessantes focados em Análise de Fadiga Humana ( Ergonomia1.avi) e em Análise de Acessibilidade ( Ergonomia2.avi ).

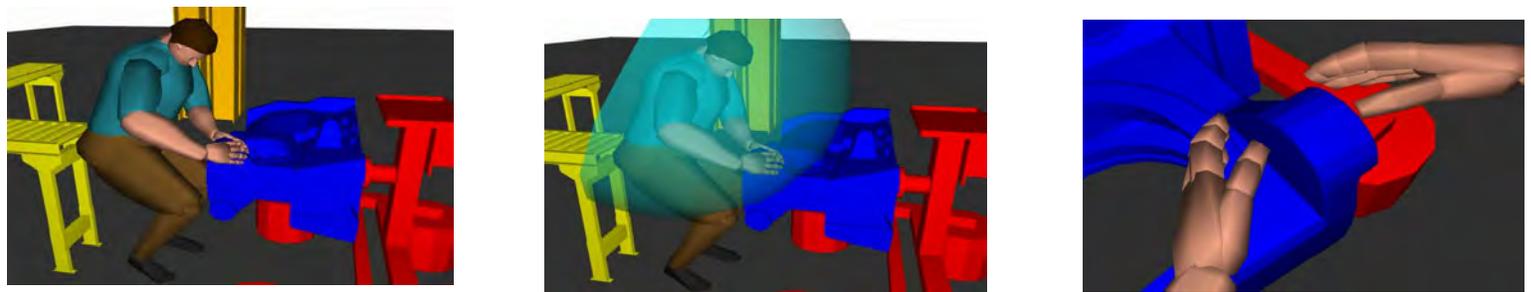


FIGURA 32 – ANÁLISES ERGONÔMICAS

#### 5.2.4.5 Auditoria da Lista de Materiais

O processo de construção virtual fornece uma oportunidade de auditar a lista de materiais ( componentes ) de um novo produto de forma a garantir a especificação ou estrutura deste produto antes da produção. Também auxilia significativamente as tarefas de documentação dos processos de produção. O sistema na verdade faz a gestão da estrutura do produto.



FIGURA 33 – ESTRUTURA DE PRODUTO NO MODELO DERIVATIVO

#### 5.2.4.6 Otimizar a integração entre diferentes sistemas

Estudos de roteamento de cabos elétricos, lógicos ou dutos hidráulicos podem ser realizados no ambiente virtual.

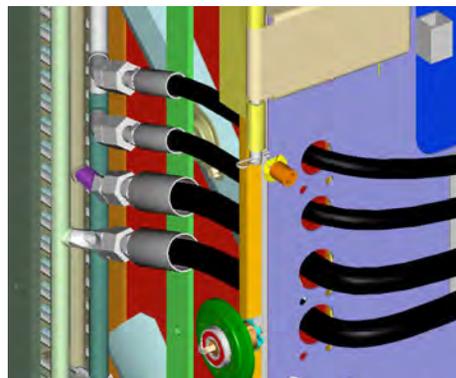


FIGURA 34 – ESTUDO DE ROTEAMENTO DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS

### 5.2.4.7 Verificação de processos completos de manufatura

Toda uma estação de processo pode ser construída virtualmente. A programação do robô de solda ( ou de pintura, ou de montagem ) pode ser feita neste ambiente virtual considerando todos os elementos deste ambiente. Colisões ou não acessibilidade de objetos serão identificadas antes da construção do primeiro componente ou mesmo antes da aquisição do robô.

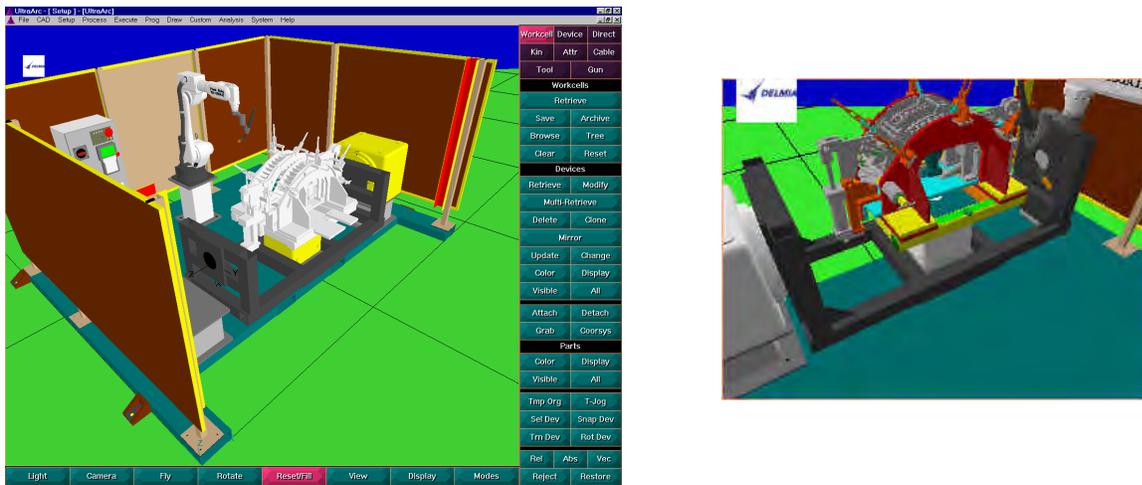


FIGURA 35 – CÉLULA DE ROBÔ DE SOLDA VIRTUAL E DETALHE DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO

## 5.2.6 Manufatura Virtual na John Deere Brasil

### 5.2.6.1 Objetivos Imediatos

- Reduzir o tempo necessário para a obtenção de dispositivos para fabricação e disponibilização da fábrica
- Possibilitar a demonstração da preparação da manufatura
- Possibilitar que os engenheiros resolvam os problemas da linha durante a sua construção ao invés do método tradicional de planejamento de atividades on-the-line
- Possibilitar uma capacidade de visualização sem precedentes na Companhia

### 5.2.6.1 VISUALIZAÇÃO NO CHÃO DE FÁBRICA



FIGURA 36 – ESTAÇÃO DE VISUALIZAÇÃO DE MODELOS DERIVATIVOS NO CHÃO DE FÁBRICA

### 5.2.6.2 Instruções de Montagem



FIGURA 37 – ESTAÇÃO DE VISUALIZAÇÃO DE INSTRUÇÕES DE MONTAGEM – LINHA DE TRATORES

### 5.2.6.3 INSTRUÇÕES DE MONTAGEM DE PROTÓTIPOS

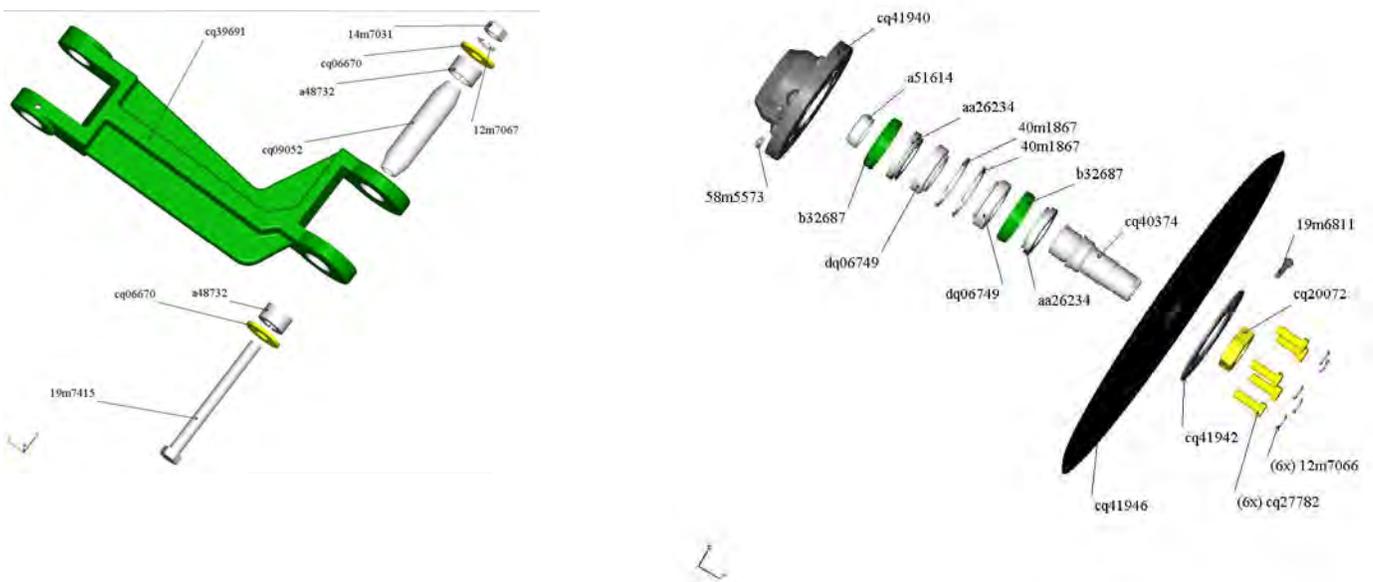
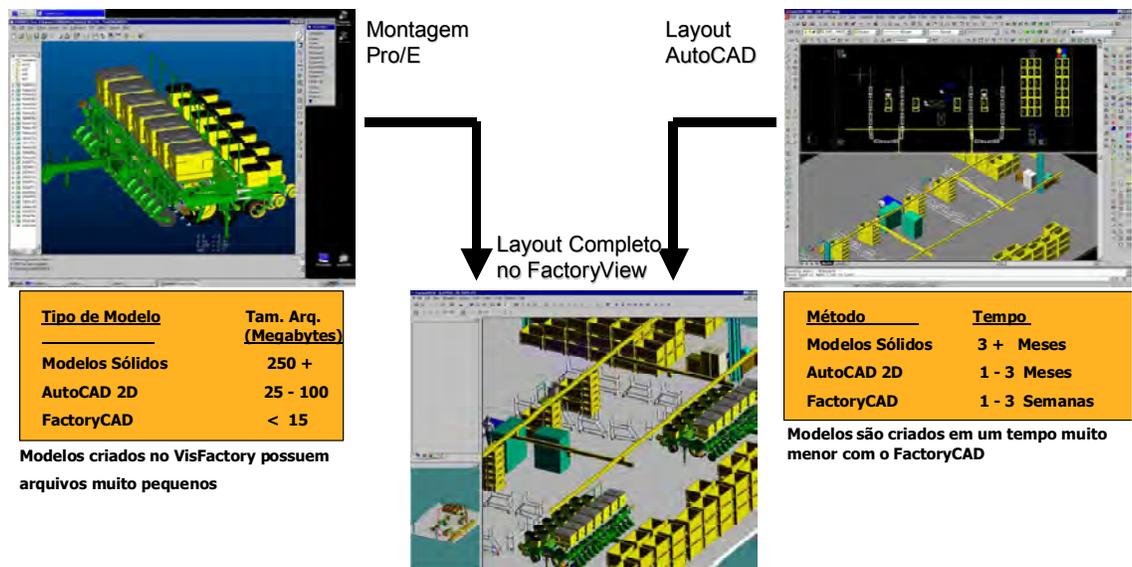


FIGURA 38 – INSTRUÇÕES DE MONTAGEM DE PROTÓTIPOS

### 5.2.6.4 Layout Industrial



Criação de modelos tridimensionais de forma rápida e mais fácil que modelos de layout 2D

O tamanho dos arquivos de layout 3D são menores que os 2D

Fácil aprendizagem - treinamento em 4 dias

Rápido retorno do investimento feito

FIGURA 39 – SÍNTESE SOBRE UTILIZAÇÃO DE MODELOS DERIVATIVOS EM LAYOUT INDUSTRIAL

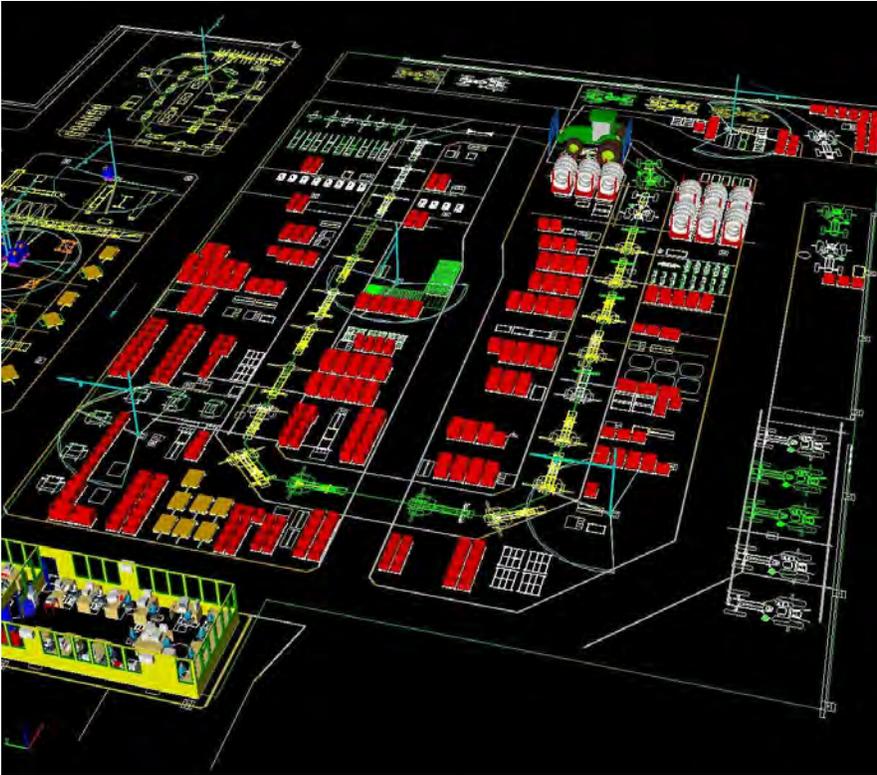


FIGURA 40 – LAYOUT 3D DA FÁBRICA DE TRATORES

#### 5.2.6.5 CAE

A utilização de ferramentas CAE é relativamente recente na John Deere Brasil e tem um caráter bastante utilitário.

A estratégia fundamental é suprir os engenheiros com ferramentas para uma utilização mais tática ( análises estáticas de distribuição de esforços ou vibrações, por exemplo, em componentes isolados ou pequenos conjuntos ). Para trabalhos mais pesados ( análises dinâmicas em geral ou estáticas de grandes conjuntos ou produtos completos ) são utilizados serviços de consultoria previamente identificados no Brasil ou no exterior.

A própria John Deere têm oferecido serviços de consultoria utilizando sua enorme e avançada infra-estrutura de pessoal, laboratórios e relacionamento com Universidades e Institutos no mundo todo.

No entanto, está clara a necessidade de termos no país relacionamentos que permitam as atividades básica de CAE não apenas em função dos custos envolvidos mas também de condições mais reais de testes comparativos e de validação no campo.

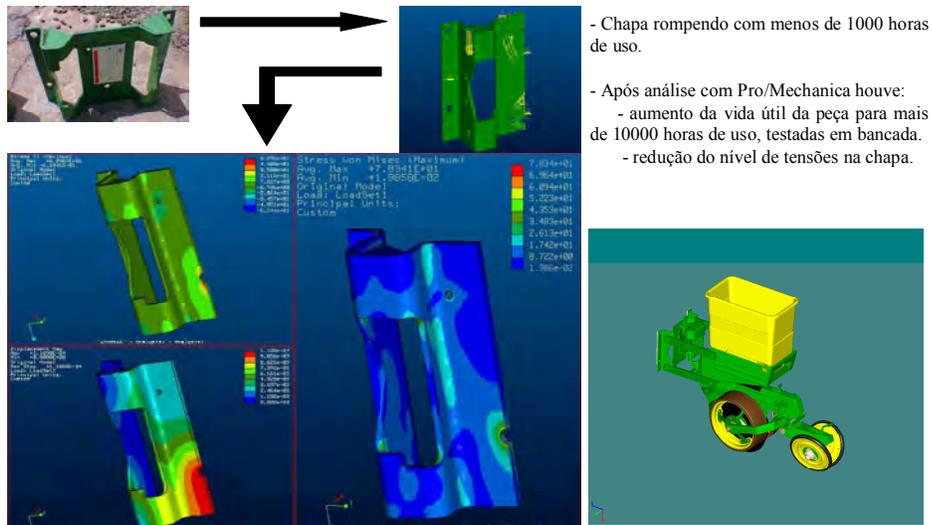


FIGURA 41 – ESTUDO DE FRATURA DE CHAPA COM UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS FINITOS

### 5.2.6.5 GESTÃO DA MANUFATURA ( PRÓXIMOS PASSOS )

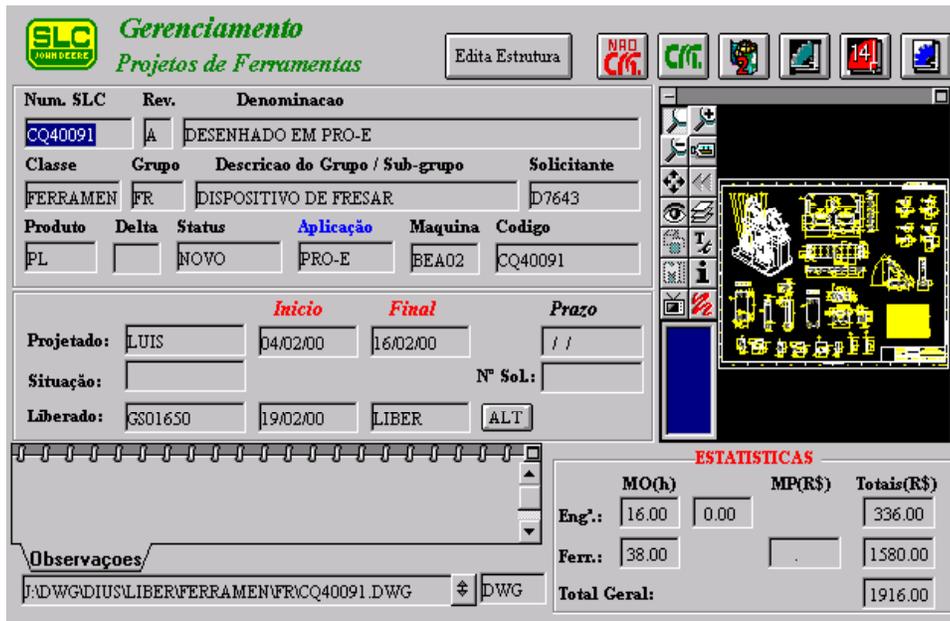


FIGURA 42 – CYCO WORKFLOW – ANTIGO SISTEMA DE GESTÃO DA MANUFATURA

### 5.3 PERFIL DO ENGENHEIRO DA JOHN DEERE NO SÉCULO XXI

Provavelmente os oito anos de trabalho com engenharias da John Deere ( a maior parte do tempo em Horizontina, eventualmente nos Estados Unidos, México e Argentina, três dos quais apoiando o recrutamento de novos engenheiros ) não sejam habilitação suficiente para discorrer de forma genérica sobre a questão de perfil profissional para os engenheiros do século XXI. No entanto, esta experiência é considerada adequada pela John Deere para discorrer sobre o perfil adequado para a função de engenheiro na Corporação. Eventualmente algumas das observações a seguir poderão ser aplicáveis de forma mais genérica.

#### 5.3.1 Ambiente de Engenharia na Grande, Média e Pequena Empresa

Um dos fatos tecnológicos mais significativos ocorridos nos últimos anos foi a evolução do perfil de custos relacionados a software e hardware para sistemas de engenharia. Pode-se afirmar que hoje efetivamente existe disponibilidade de acesso a boa parte da tecnologia de sistemas engenharia tanto para a grande como para a pequena empresa.

Quando a John Deere começou a implantação de CAD, o custo de um assento ( software e hardware ) estava ao próximo a US\$30.000,00. Hoje é possível a uma pequena empresa desembolsar o equivalente ao custo de um AutoCad com hardware compatível ( algo em torno de US\$6000,00 ) e adquirir uma estação bastante consistente de Pro/Engineer.

Especificamente no caso do Pro/Engineer, a redução do custo de aquisição ( com vistas a ocupar nichos de mercado antes dominados por produtos da AutoDesk ) foi impressionante.

Os custos de hardware também tiveram queda de custo e aumento de desempenho surpreendentes.

Outro aspecto a considerar é que, como consequência da redução de custo de hardware e software e também da pressão de grandes empresas, em particular do ramo automobilístico, a utilização de sistemas avançados de engenharia tem-se popularizado entre as médias e pequenas empresas fornecedoras de componentes ou serviços.

Desta forma, de maneira geral podemos dizer que os princípios de utilização de sistemas de engenharia aplicam-se de forma muito semelhante as pequenas, médias e grandes empresas.

### **5.3.2 Características dos ambientes de engenharia da John Deere**

Relaciono a seguir algumas das características dos ambientes de engenharia atuais da corporação John Deere, assim como características desejáveis ao profissional que nele atuará.

**Integração** – As soluções de sistemas são e serão cada vez mais integradas. Nos ambientes de engenharia o esforço de integração ocorre entre

- Engenharia de produto ( conceito e desenvolvimento do produto )
- Engenharia experimental ( suporte a engenharia de produto )
- Engenharia de manufatura ( desenho, implementação e manutenção dos processos de fabricação ).
- Materiais ( desenvolvimento e suporte a fornecedores )
- Fornecedores

- Vendas ( subsídios a engenharia do produto )
- Serviços ( suporte pós-venda ao produto )

A idéia básica é muito simples e muito consistente:

*“Existe uma só base de dados e esta base é partilhada por toda a organização”.*

Em termos de arquitetura de sistemas este conceito materializa-se na John Deere na ligação entre a base de engenharia ( Pro/Engineer ) e o ERP da companhia ( Baan IV ).

Em termos de operacionalidade dos engenheiros envolvidos, a implicação imediata é a necessidade de uma excelente capacidade de comunicação e de trabalho em grupo. Em particular, é necessário ser capaz de:

1) Dialogar com diferentes interlocutores. A informação estará circulando entre engenheiros, analistas, mecânicos ( técnicos ), operários, compradores, clientes de todos os portes, fornecedores etc. O engenheiro deve ser capaz de obter e fornecer informações nestes diferentes grupos com a mesma eficiência utilizando a linguagem e meios adequados ( para comentários a respeito da importância do relacionamento com fornecedores ver Anexo 3 – Ainda sobre fornecedores ).

Nossa experiência mostra que, em geral ( a menos nos casos em que o estudante teve oportunidade de realizar estágios consistentes ) o engenheiro recém-formado acredita que sua área de trabalho é exclusivamente nas dependências Departamento de Engenharia e que telefones e e-mails resolvem suas necessidades de informação. Minha impressão pessoal é que é evitado o contato pessoal com pessoas fora do círculo da engenharia. Esta limitação seria bastante séria em qualquer processo industrial. É inaceitável nos processos da John Deere.

Como ilustração recorde um evento que tornou-se parte do anedotário da companhia.

Um estagiário muito bem recomendado pelas excelentes notas obtidas em uma universidade federal mostrou-se extremamente interessado no funcionamento das colheitadeiras. Sistemáticamente este estudante procurava os engenheiros para perguntar sobre o funcionamento

dos diferentes sistemas da máquina. Num determinado momento foi convidado a participar de testes de campo com uma equipe da engenharia experimental composta apenas por técnicos e pelo supervisor da área, o qual não permaneceu no local.

Ao findar a jornada o supervisor voltou ao local e viu o estagiário dentro do carro ( devidamente estacionado na sombra ) “observando a distância” o funcionamento da máquina. Foi relatado pelo chefe da equipe que em momento algum o estudante procurou qualquer dos técnicos para discutir o funcionamento da máquina.

Evidentemente este estagiário não foi contratado como engenheiro.

2) Trabalho em equipe . Provavelmente esta foi nossa maior surpresa ao trabalhar com recrutamento de novos engenheiros. Em geral as escolas ainda preparam engenheiros para trabalhar ( ? ) sozinhos ou no máximo de forma compartimentada.

Uma evidência extrema desse fato foi entrevista que feita com o primeiro classificado no curso de engenharia mecânica na mesma universidade citada anteriormente. Além das excelentes notas o rapaz tinha a vantagem de ser originário de uma família dedicada a agricultura. No entanto, quando perguntado a respeito de suas características mais fortes ele respondeu que era “trabalhar muito melhor sozinho”. Como ilustração deste fato disse que fez “ a maioria dos trabalhos na universidade sozinho “ uma vez que “não tinha muita paciência para trabalhar com outros”.

O grande conflito ou contradição nesta “tradição” de preparar “engenheiros solitários” é que a complexidade crescente dos processos industriais e dos processos de negócio em geral implica necessariamente em altíssimo nível de interação.

É interessante considerar a observação feita por C.C. Furnas [FUR73] em 1973 no livro “O Engenheiro” :

*“ Os velhos chefes da engenharia, que conheciam todos os detalhes de uma obra e comandavam cada etapa de sua execução, realizaram maravilhas em sua época com o emprego do método das tentativas e dos dados contidos nos manuais. No entanto, seus projetos, embora*

*grandiosos, parecem brincadeira de criança ao lado de alguns empreendimentos hoje realizados pelos engenheiros orientados pela ciência.*

*A medida que o desenvolvimento de novas técnicas levou os engenheiros à produção de aparelhos de comunicação controlados eletronicamente, computadores, do radar, armas nucleares, mísseis, aviões supersônicos e naves espaciais, já não seria possível que uma única pessoa fosse entendida em todas as partes de que se constitui um destes aparelhos.*

*O critério individualista dos Velhos Chefes teve que ser substituído por uma organização do mais alto requinte que se denomina engenharia de sistemas ( produtos ). Atualmente, especialistas de muitos campos trabalham com partes distintas de um problema, sob os chamados administradores de programas ( gerentes de produto ). Esses administradores possivelmente não conhecem os detalhes da atividade de cada especialista, mas sabem o suficiente a respeito do projeto global, das relações existentes entre cada parte e das exigências funcionais para que possam orientar e coordenar a execução das tarefas”.*

Atualizem-se alguns dos exemplos dados e troque-se “especialistas” por “fornecedores” ( internos ou externos ) e teremos uma descrição bastante consistente com a realidade de uma organização como a John Deere.

**Transformação** – as soluções de sistemas em geral e muito em particular as dedicadas a engenharia tem caracterizado-se por um permanente processo de transformação conceitual e de quebras de paradigmas.

Como exemplo segue-se um quadro com os principais conceitos recentemente introduzidos na John Deere em Horizontina

<b>Conceito</b>	<b>Publico a quem se destina</b>
CAD 2D para projeto de produto	Engenheiros de produto
CAD 2D para projeto de ferramental	Projetistas
CAM chapas, usinagem	Técnicos de processo
DNC	Operadores de máquina
Robótica	Programadores, operadores de máquina
Modelagem sólida em projeto de ferramental	Projetistas
Modelagem sólida em desenvolvimento de produto	Engenheiros de produto, projetistas
Modelagem sólida para desenvolvimento de processo	Engenheiros de processos
Simulação computacional de processos	Engenheiros de produto e de processos
Visualização	Todos
Colaboração com fornecedores	Engenheiros de produto, compradores, fornecedores

### QUADRO 3 – PRINCIPAIS CONCEITOS RECENTEMENTE INTRODUZIDOS NA JOHN DEERE BRASIL

Cada um destes conceitos trás consigo a necessidade de aprendizagem de novas técnicas e, principalmente, de novas formas de pensar. O exemplo igualmente ilustra a necessidade do engenheiro comunicar-se bem com diferentes grupos uma vez que, mesmo no caso em que ele não será o usuário da tecnologia em questão, caberá muito provavelmente a ele implantá-la ou aprová-la.

Em relação a capacidade de aprender, minha impressão é que em geral os engenheiros oriundos das escolas mais tradicionais estão bem preparados, quando o tema em questão é estritamente técnico.

Maior dificuldade ocorre quando o tema é comportamental, como por exemplo técnicas de planejamento de carreiras e de administração de desempenho individual ou de grupos. A primeira reação dos mais jovens em geral é de desinteresse e mesmo de desprezo (!) .

Caso extremo nesta linha de aprendizagem de novos conceitos é o de custos.

Aparentemente os novos engenheiros dão um peso muito pequeno a questão custo, sua análise e controle.

Conforme o tempo passa e estes jovens amadurecem profissionalmente esta visão muda.

No entanto, fica clara a necessidade de uma melhor preparação dos estudantes para a aprendizagem de temas “não-técnicos”, em particular os relacionados a áreas comportamentais.

**Escalabilidade** – por doutrina corporativa, novas tecnologias introduzidas na John Deere iniciam na empresa na forma de pequenos projetos-piloto. No entanto, uma vez aprovado o conceito, estas novas tecnologias serão utilizadas na totalidade de sua abrangência. A implantação do Pro/Engineer é um bom exemplo disso. Utilização de e-mail e internet são exemplos adicionais.

O fato é que, uma vez aprovado o conceito, a abrangência de sua aplicação tenderá a crescer até os limites da corporação.

Em outras palavras, uma implantação inicialmente restrita pode evoluir muito rapidamente para um projeto de abrangência corporativa.

Um segundo fato a considerar é que os projetos-piloto constituem-se na primeira oportunidade de efetivamente operar-se a nova tecnologia dentro da empresa. Ou seja, projetos-piloto constituem-se numa escola interessante que formará os primeiros recursos humanos da companhia aptos a efetivamente operar a nova tecnologia.

Exemplos recentes que ilustram esta linha de pensamento são:

a) implantação dos recursos de CAM no Pro/Engineer ( chapas e usinagem ) no qual foi necessário envolver várias outras unidades da John Deere nos Estados Unidos e Europa.

b) implantação de Manufatura Virtual na qual o engenheiro responsável ( em seu segundo ano de trabalho na John Deere ) foi enviado a unidades nos Estados Unidos e Europa para participar de discussões de planejamento, treinamento e apresentação de resultados.

As habilidades necessárias para o desempenho deste tipo de função são:

a) Inglês – é constrangedora mas real a necessidade de permanecer citando a importância do domínio efetivo do idioma inglês. No entanto, a experiência com recrutamento demonstrou que, em particular no caso de alunos oriundos das universidades federais, este é um tema muito pouco trabalhado. Não me parece coerente que uma ferramenta básica para o exercício profissional não seja considerada nos currículos das escolas. No entanto, a realidade é esta. Os poucos profissionais capacitados em inglês o são por iniciativa própria e não em função dos currículos oficiais. Cabe observar que com o advento da globalização qualquer empresa brasileira pode fornecer seus produtos para virtualmente qualquer mercado ( assim como pode sofrer concorrência em seu mercado por parte de empresas de qualquer lugar do mundo ). Desta forma o inglês torna-se um elemento importante para empresas nacionais também. É interessante observar que no caso da Argentina observa-se movimentação no sentido da difusão do português no meio empresarial. No caso da John Deere, enquanto os colegas de Rosário não aprendem o português, a comunicação oficial é feita em inglês.

b) Comunicação – Valem as observações anteriores em “Integração” acima. É evidente que esta interação eventualmente será feita em inglês.

c) Planejamento - A habilidade em planejamento deveria cobrir desde o projeto-piloto inicial até a eventual implantação corporativa. No entanto, novamente observa-se o despreparo dos novos engenheiros para lidar com ferramentas atuais ( ferramentas essas acessíveis às pequenas, médias e grandes empresas ). Existem várias ferramentas computacionais disponíveis e algumas estabelecendo-se como padrão. No entanto, mais do que o uso operacional de ferramentas, sente-se falta da mentalidade de planejamento, do estabelecimento de metas de projeto compatíveis com as metas do negócio, do estabelecimento de relações claras e controladas entre o projeto principal e suas derivações ( processos de manufatura, de transporte, venda, manutenção, etc ). Novamente deve-se citar a falta de conhecimentos de custos ( neste caso, de planejamento de custos ).

d) Conhecimento do Negócio – nota-se a dificuldade dos jovens engenheiros em entender o funcionamento do negócio. Evidentemente não é razoável esperar conhecimentos específicos ( por exemplo, de como funciona uma fábrica de máquinas agrícolas ou o mercado agrícola ). No entanto, fica evidente a falta de conhecimentos gerais e básicos sobre o funcionamento de empresas e mercados. Com o tempo, os novos profissionais vão absorvendo este conhecimento.

No entanto, certamente poder-se-ia otimizar seu desempenho inicial na empresa incluindo este tipo de informação em sua formação acadêmica.

O conhecimento do negócio ( empresa e mercado ) é fundamental na atividade de ampliar a abrangência de novas tecnologias.

É igualmente necessário ao levar o novo recurso a um novo departamento ou a uma nova fábrica, no país ou no exterior.

Ao levar a nova tecnologia a outra unidade, por exemplo, a compreensão de como a unidade de origem e seus mercados funcionam vai permitir entender o funcionamento da unidade que receberá o novo conhecimento. Desta forma o engenheiro estará apto a recomendar e/ou efetivar as adaptações necessárias.

e) Ser cosmopolita – Novamente, em função da globalização esta é uma habilidade necessária a qualquer empresa ( pequena, média ou grande, nacional ou internacional ). Trata-se de ser capaz de operar eficientemente em diferentes ambientes e culturas. A prática tem demonstrado que, em alguns casos, as pressões de ambientes diferentes ( em outros países ou mesmo diferentes regiões do país ) podem afetar o desempenho dos mais jovens. Nos processos de seleção a John Deere tem considerado experiências de viagens nacionais ou internacionais dos candidatos. Creio não ser absurdo considerar que, de alguma maneira, a universidade deveria estimular este tipo de experiência durante a formação dos profissionais.

*Nota: a John Deere iniciou há alguns anos e está atualmente em fase avançada de implementação um grande projeto de redesenho de todos os seus processos. A base fundamental deste projeto é a obra de Michael Hammer, Reengineering Corporation.*

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [NET 97] NETO, Thomas Corbett. **Contabilidade de Ganhos. A nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições.** Capítulo 9. São Paulo: Nobel, 1997.
- [BAR 93] BARKER, Joel Arthur. **Paradigms, the business of discovering the future.** New York: Harper Business, 1993.
- [KUH 75] KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo, Editora Perspectiva, 1975.
- [MOU 87] MOURA, Reinaldo A. **Flexibilidade Total, Homem x Máquina.** IMAM, 1987.
- [SHI 96] SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.** 2º Ed, Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- [BRA 94] BRANDÃO, Marco A. L. **“Homo Informaticus” e a Fábrica Automatizada.** Revista Controle da Qualidade, Ed. Banas, Junho de 1994.
- [NET] NETO, Thomas Corbett. **Mudanças de Paradigma.** Teoria das Restrições (TOC).
- [APO 00] **Produção Enxuta, MP/Automotivo.** Apostila, Engenharia de Produção, UFRGS, 2000.
- [MAC 87] MACHADO, Aryoldo. **Comando Numérico aplicado às Máquinas Ferramenta.** 2º Ed, São Paulo, Ícone Editora Ltda, 1987.
- [GOL] GOLDRATT, Eliyahu. **A Meta**
- [GOL91] GOLDRATT, Eliyahu. **Síndrome do Palheiro, garimpando informação num oceano de dados.** São Paulo: IMAM, 1991.
- [GOL98] GOLDRATT, Eliyahu, **Corrente Crítica.** São Paulo, Nobel, 1998
- [SLC95] SLC, **Empresas Schneider Logemann 50 Anos.** Porto Alegre, 1995
- [BIL91] BILLING, Kenneth W, **Managing and Networking AutoCad,** 1991
- [FUR73] FURNAS, C.C., **O Engenheiro,** Livraria José Olympio Editora, 1973
- [HAM94] HAMMER, Michael, **The Reengineering Corporation,** HarperCollings Publishers, 1994

## 7 SITES CONSULTADOS

Entrevista com Michael Hammer

[www.perspectivas.com.br/leitura/g7.htm](http://www.perspectivas.com.br/leitura/g7.htm)

Produtos atuais da John Deere Brasil

<http://www.johndeere.com.br/listagemprodutos.asp>

Informações sobre CAD/CAM/CAE

Origens do CAD - <http://www.sun.com/960710/feature3/sketchpad.html#sketch>

Publicações e listas de fornecedores - <http://www.vickers.de/cae2.htm>

Formato Neutro IGES - <http://www.nist.gov/iges/>

Formato Neutro DXF - <http://www.autodesk.com/techpubs/autocad/acad2000/dxf/index.htm>

Formatos Neutro STEP - <http://step.jpl.nasa.gov/step/step.html>

Sites de fornecedores de CAD/CAM/CAE

Pro/Engineer - <http://www.ptc.com>

AutoCad e Mechanical Desktop - <http://www.autodesk.com>

Solidworks - <http://www.solidworks.com/>

Unigraphics - [http://www.eds.com/products/plm/unigraphics\\_nx/](http://www.eds.com/products/plm/unigraphics_nx/)

Cadam Drafting - <http://www.cadam.com/>

Sites de fornecedores de produtos para Colaboração

EDS - <http://www.plmsolutions-eds.com/platform/collaborate.shtml>

Sites de fornecedores de sistemas ERP

Baan - <http://www.baan.com/mycountry/brazil/>

Datasul - <http://www.datasul.com.br/html/>

JD Edwards - <http://www.jdedwards.com/>

Microsiga - [http://www.microsiga.com.br/w\\_index000.apw](http://www.microsiga.com.br/w_index000.apw)

Oracle - <http://www.oracle.com/applications/>

Peoplesoft - [http://www.peoplesoft.com/corp/en/public\\_index.asp](http://www.peoplesoft.com/corp/en/public_index.asp)

SAP - <http://www.sap.com/>

## 8 ANEXOS

### ANEXO 1 – COMO TUDO COMEÇOU

No final de 1992, após dois anos lecionando na Escola de Engenharia da UFRGS eu decidi deixar a Universidade. Anteriormente a estes dois anos havia passado oito anos inicialmente como aluno do curso de Matemática e depois Engenharia Elétrica no qual me graduei no segundo semestre de 1989.

Do curso de Matemática, além da paixão pela Lógica ( mais exatamente pelo que eu chamo de “Lógica Completa”, sobre a qual discorro brevemente a seguir ) ficou a lembrança muito forte de meu primeiro dia de aula na qual o Chefe do Departamento de Matemática na época disse que “ apenas 2% de vocês serão matemáticos ( bacharéis em matemática ). O resto ( e pela entonação que ele deu, esta palavra representava algo repulsivo, inferior, desagradável ) vai ser professor “.

Do primeiro dia de aula na Engenharia Elétrica ficou a lembrança de um outro professor dizendo que “nós, engenheiros eletricitas, estamos condenados a viver em cidades grandes pois é nas cidades grandes que estão as indústrias”.

As duas lições ( arrogância do “saber” e os paradigmas básicos que podem estabelecer caminhos errados ) me acompanham desde então e dia a dia são lembradas.

Decidido a deixar a Universidade ( e a cidade grande ) em busca de uma carreira mais centrada em resultados e onde pudesse “fazer as coisas acontecer”, enviei currículos para algumas empresas que utilizavam algum tipo de tecnologia de sistemas em manufatura.

Meu amigo e colega Flávio Sperotto estava estagiando em uma certa SLC a qual localizava-se muito longe de Porto Alegre, em um lugar ( muito ) pequeno. Ao contrário do que aprendi em minha primeira aula na Engenharia Elétrica, este lugar tinha alguns poucos engenheiros eletricitas ( e muitos engenheiros mecânicos ) e queria começar um trabalho relacionado a utilização de sistemas em ambientes de engenharia. Por razões que com o tempo entendi, apesar dos atrativos que oferecia ( salário interessante, acesso a tecnologia de sistemas e de manufatura mais moderna no mundo, oportunidade de carreira, viagens internacionais ) a empresa tinha dificuldades em atrair engenheiros bem formados para trabalhar em Horizontina.

A versão resumida deste primeiro momento de minha vida profissional na John Deere é a seguinte.

Num prazo de quinze dias eu havia me demitido da Universidade e estava morando em Horizontina, aprendendo e me divertindo muito com o “choque cultural” que representou esta mudança.

Por que ?

Duas pessoas me entrevistaram e foram a causa básica de minha decisão.

A primeira foi o então Diretor Industrial, Jorge Krueel. Minha impressão foi que aquele homem era o motor que fazia funcionar aqueles ( na época ) oitenta mil metros quadrados densamente povoados por uma diversidade enorme de máquinas de todos os tipos ( a maioria dos quais eu nunca tinha visto ) e por 1600 funcionários altamente qualificados e que tinha como produto principal um veículo extremamente complexo, caro, barulhento, verde, lindo e que ajuda a produzir alimentos ( e, devo confessar, que eu nunca pensei que existisse ). O Sr. Krueel me disse que nos próximos anos seriam fabricadas as colheitadeiras ( este era o nome daquilo ) de uma forma muito diferente e que isto passava por aprender e ensinar muita tecnologia de sistemas tanto focada em projeto como em processos. Ele queria um professor para fazer isso.

Provavelmente o que mais me marcou foi ter encontrado um homem com a experiência, o poder e responsabilidade dele com conhecimento suficiente para conversar comigo de igual para igual sobre CAD e como poderíamos utilizar este tipo de tecnologia naquela indústria. Como isto era possível ? Como ele tinha tempo para aprender estas coisas ? Levei algum tempo para entender e para absorver a técnica. Trata-se simplesmente de aprender com as pessoas. Ele mantinha perto de si gente que ajudava-o a compreender as múltiplas tecnologias que compunham ( ou que poderiam vir a compor ) os processos sob sua responsabilidade.

A segunda entrevista foi com o então Gerente de Engenharia de Produto, Jones Dalmolin, que viria a ser meu chefe, amigo e mentor por quase cinco anos.

Além da diferença física ( quem conhece os dois sabe bem do que falo ) a diferença de personalidade e ao mesmo tempo a sintonia entre os dois executivos me fascinou.

O curioso deste início foi que fui descobrir quanto seria meu salário depois de estar trabalhando há duas semanas em Horizontina. Perguntei ao “chefe” se aquele valor era bom e resposta foi que “para começar era bom”. E assim foi.

## **ANEXO 2 – CUSTOS, QUALIDADE E SERVIÇOS. NASCE UMA “PAIXÃO” PELA “BIG BLUE”**

O primeiro movimento da então SLC no mundo dos Sistemas de Engenharia foi duplicar em Horizontina o mesmo ambiente computacional que operava nas unidades John Deere no mundo.

Desta forma ,em 1993 fomos obrigados a introduzir em uma empresa sem qualquer tradição em informática um sistema de CAD rodando em plataforma RISC/Unix.

Uma vez que a John Deere utilizava produtos IBM, a decisão na época foi igualmente adotar produtos IBM.

Passamos assim a ter contato com a parte da IBM que cuidava dos produtos dedicados a engenharia.

Foram tempos heróicos, aqueles. Hilários, estressantes e muito, muito educativos também.

Aprendemos desde o início a reconhecer o peso que nossa cultura ( aqui refiro-me a à cultura brasileira ) dá as aparências. Os “caras da IBM” invariavelmente vinham a Horizontina em bonitos ( e caros ) ternos. Mesmo após várias vezes termos explicado que a cultura da SLC ( e felizmente, da John Deere como corporação ) era muito mais informal ( mas nem por isso menos séria ) nossos fornecedores insistiam em apresentar-se no “padrão IBM” . Infelizmente o tempo mostrou que a consistência do figurino não tinha equivalente na consistência dos serviços prestados pela empresa. É justo comentar que os produtos propriamente ditos sempre foram e são excelentes. Os computadores RISC que adquirimos em 1992 e que trabalharam quase ininterruptamente por oito anos estão ainda operacionais.

A grande lição ( e que nos serviu muito ao trabalhar com outros fornecedores de produtos e serviços ) foi que muitas empresas ainda investem muito na imagem e descuidam-se ou não dão o mesmo peso a consistência de seus produtos e serviços.

A história de nossa relação com a IBM é pontuada de episódios ímpares.

O custo por acento de cada estação de trabalho no período 1992-1994 era de aproximadamente de US\$30.000. Realizamos uma compra de cinco estações a um custo de US\$150.000,00 pagáveis a vista ( contra entrega ).

Durante as negociações fomos apresentados ao fantástico sistema de gestão da IBM que garantiria que os diferentes componentes de hardware e software que compunham nosso pacote fossem entregues adequadamente em Horizontina.

Não lembro da seqüência exata dos eventos mas um resumo aproximado segue-se.

Primeiramente recebemos os manuais. Quintuplicados. ( durante todo nosso relacionamento foi assim. A explicação é que o “sistema” gerava os manuais para cada estação pedida. Rapidamente criamos um procedimento para “ arquivar” ( no lixo ) as muitas ( grandes ) cópias físicas ( livros ) que recebíamos . Doía o coração saber que estávamos pagando por aquilo ).

Alguns dias depois recebemos as caixas com as CPU’s.

Mais alguns dias passaram antes que recebêssemos os monitores.

Alguns dias depois recebemos os cabos dos monitores que ... vieram trocados.

Aprendemos então que o sistema de gestão era um tanto inflexível para situações “fora do padrão”.

Muitas e muitas semanas depois do prazo combinado todo o equipamento estava em Horizontina.

O mais estranho de tudo é que para os “caras da IBM” a explicação quanto a “complexidade envolvida na operação” e depois a “irregularidade” da operação de devolução parecia ser suficiente para aquele fiasco logístico. A necessidade real do cliente em receber o equipamento e a da IBM em faturar pareciam estar em um segundo plano.

É claro que sempre ficava no ar a idéia de que talvez nós, como uma empresa do interior, talvez não estivéssemos capacitados a trabalhar com uma “empresa mundial” como a IBM.

O fato é que este período nos ensinou a:

- 1) desconfiar dos fornecedores que investem demais em aparência ( de suas pessoas, instalações, eventos promocionais, etc ) e não demonstram consistentemente domínio de seus produtos e de seus processos;
- 2) solicitar inicialmente e exigir logo em seguida que os contatos ( mesmos os iniciais ) fossem feitos através de “gente técnica” ( quando existisse ) e não por “gente de marketing” apenas. A prática tem demonstrado que quando um fornecedor não é capaz de responder satisfatoriamente a esta condição, não será um bom fornecedor para a John Deere;
- 3) desconfiar do fornecedor que não tem flexibilidade o suficiente para adaptar-se a peculiaridades culturais de nossa empresa. Em minha opinião, o sujeito preferir trajar terno e gravata para transitar em uma fábrica de 1600 indivíduos trajados informalmente é um indicativo de pouca flexibilidade mental do indivíduo e cultural da empresa a que pertence..

Estas três regrinhas simples têm facilitado muito nosso relacionamento com os fornecedores. Hoje este relacionamento é muito mais direto, objetivo, rentável ( para todos ) e muito baseado em confiança entre as empresas.

Infelizmente ainda hoje muito fornecedores ( principalmente os que trabalham com “novas tecnologias” ainda agarram-se ao modelo “ clássico”. Procuramos evitar ao máximo o relacionamento com estas pessoas.

É justo dizer que o pessoal técnico da IBM que nos atendeu ( e atende ) foi sempre excelente. O problema sempre foi a “ gente de marketing “.

Hoje permanecemos utilizando os bons produtos IBM. No entanto, contamos com a parceria de uma empresa ( Ação Informática ) que é também parceira da IBM e que se encarrega de “ fazer as coisas acontecerem” . Não posso, desta forma, dizer a respeito da qualidade de atendimento da IBM nos dias de hoje pois isto é, graças a Ação Informática, transparente para nós.

As lições aprendidas neste início foram e seguem sendo valiosas e são compartilhadas com as empresas que nos procuram em busca justamente deste tipo de experiência ( na verdade, sabiamente buscam “aprender com o sofrimento dos outros” ), assim como são incluídas no treinamento dos novatos.

### **ANEXO 3 – AINDA SOBRE FORNECEDORES**

Talvez em função da maneira como o mercado de informática evoluiu a partir do fim da esdrúxula “Reserva de Mercado” de informática onde empresas constituíram-se e cresceram baseada apenas em burlar a lei ( contrabandeando componentes e “montando” computadores ) e onde a utilização de software pirata ainda é uma realidade, a evolução deste mercado em termos de ética e qualidade ( no conceito mais completo da palavra ) é, a meu ver, lento.

Descrevo três ( entre muitos ) episódios que ilustram o conceito e embasam minha opinião de que as empresas precisam de “inteligência interna” em termos de sistemas ( em particular sou enfático em defender esta posição para Sistemas de Engenharia. A derivação imediata deste conceito é que as escolas de engenharia deveriam estar preparando seus alunos para desempenhar este papel nas organizações em que futuramente atuarão. ) e não devem confiar sua estratégia de adoção de novas tecnologias a terceiros.

### **EPISÓDIO I – QUE SISTEMA DE CAD DEVO USAR ?**

Há mais ou menos quatro anos tomava parte em uma seminário promovido pela AutoDesk ( [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com) ) na Unisinos ( [www.unisinos.org.br](http://www.unisinos.org.br) ).

No final do dia de trabalho fui procurado pelo representante de uma empresa parceira da AutoDesk a qual estava oferecendo a uma empresa do Paraná consultoria para a implementação do modelador de sólidos Mechanical Desktop.

Esta pessoa gostaria que o gerente geral desta empresa visitasse a John Deere para convencer-se a respeito dos bons resultados da modelagem sólida, etc.

Como sempre faço nestes casos disse que receberia com prazer a visita mas que me limitaria a mostrar o uso que fazíamos do sistema.

Algumas semanas depois recebi a visita da pessoa em questão.

O produto fabricado pela empresa paranaense era uma família de balcões frigoríficos para supermercados.

Após andarmos pela fábrica meu novo amigo pediu-me um momento para conversar sobre alguns pontos em particular.

Ele queria saber como era o desempenho do Mechanical Desktop para “projetar conjuntos” .

Inicialmente tive dificuldades para entender a pergunta mas após alguma conversa entendi que a situação era a seguinte.

A empresa dele projetava cada novo produto como uma entidade única. Não haviam componentes. Apenas produtos completos.

Expliquei que o modelador em questão seguia a lógica que nossa engenharia seguia: projetava-se componentes e, posteriormente montava-se conjuntos. Com vários destes conjuntos chegava-se a produtos inteiros.

Dei-me conta então que o problema de meu novo amigo tinha pouco a ver com sistemas e muito mais com metodologia de projeto.

Levei-o para conhecer nossa área de Serviços de Engenharia que é justamente responsável por administrar as relações entre componentes, conjuntos e produtos.

Em resumo, a “consultoria” estava tentando vender seu produto e não ajudar a empresa a melhorar sua engenharia.

Aconselhei meu novo amigo a procurar outra consultoria que tivesse um enfoque mais direcionado a suas necessidades reais e não apenas a vender ( empurrar ? ) um produto.

Creio que por essa razão este parceiro da AutoDesk não solicitou nenhuma outra visita a Horizontina.

## **EPISÓDIO II – “PODE MUDAR QUE EU GARANTO”**

Já estávamos utilizando o DNC da Digicon há alguns anos quando a empresa que nos fornecia treinamento e produtos AutoDesk fez uma campanha bastante agressiva para que trocássemos todas nossas redes DNC ( na época tínhamos cinco redes conectando perto de 60 máquinas CNC ) então fornecidas pela Digicon por outro produto desenvolvido por uma empresa de Florianópolis.

A campanha culminou com a oferta de compra de nossas redes Digicon e conseqüente substituição pelo produto novo a preços “fabulosos” .

Deve-se observar que a empresa em questão tinha conhecimento sobre nossas operações mais do que suficientes para entender que virtualmente toda a produção da companhia passava pelas redes DNC. Sem elas a fábrica simplesmente não funcionaria.

Esta empresa também tinha, certamente, conhecimento para julgar os dois produtos e as duas empresas fabricantes.

O fato é que seis meses após a campanha de vendas a empresa de Florianópolis faliu e o produto saiu do mercado.

Foi sorte não termos feito a mudança ? Não.

A razão básica para não termos feito a mudança ( embora do ponto de vista comercial certamente fizesse sentido ) foi a confiança desenvolvida e comprovada na Digicon ( a qual até hoje nos fornece não apenas soluções em DNC mas em várias outras linhas de sistemas de manufatura ).

Nas modernas operações de manufatura a complexidade dos processos torna absolutamente inevitável o desenvolvimento de parcerias efetivas com fornecedores de produtos e serviços.

O desenvolvimento destas relações é vital para o produto final e conseqüentemente a própria sobrevivência da organização.

Infelizmente, de forma geral os engenheiros não são preparados para este trabalho.

Mais preocupante ainda é o fato que a complexidade crescente dos processos de produção exige o envolvimento de engenheiros em sua definição.

Temos aí um paradoxo onde o papel da Universidade é preponderante.

### **EPISÓDIO III – “SE ELES USAM, NÓS USAREMOS TAMBÉM”**

Um dos principais fornecedores da John Deere no Brasil deu-se conta que seria necessário evoluir em seus processos para adequar-se as novas práticas em uso em Horizontina.

Esta empresa utilizava de forma muito básica produtos Autodesk e sempre tratou o tema sistemas de engenharia como um “mal necessário”.

Através de um “consultor” da região ( Serra Gaúcha ), esta empresa adquiriu um pacote composto por alguns módulos do Pro/Engineer. Em momento algum esta empresa ou seu “consultor” entrou em contato com a John Deere para discutir a implantação. A idéia “vendida” pelo “consultor” foi que bastava usar o mesmo software que tudo funcionaria bem.

A empresa em questão fabrica engrenagens e outros componentes de transmissões havendo, portanto, potencialmente um campo riquíssimo para a utilização de tecnologia de sistemas.

No entanto, vários pontos básicos foram ignorados .

### **ANEXO 4 - PARADIGMA A QUEBRAR: DESIGN X MANUFATURA**

O desenho original de nossos Sistemas de Engenharia foi norteado por uma premissa básica: era necessário duplicar em Horizontina o ambiente de engenharia de produto da John Deere na Alemanha e Estados Unidos. Assim foi feito.

A manufatura, usária bastante anterior de tecnologia de sistemas, via oportunidades importantes na adoção de tecnologia de sistemas por parte da Engenharia de Produto.

Desde o meio da década de 70 a manufatura utilizava máquinas CNC e tinha conhecimento da existência de sistemas CAM, por exemplo.

Desta forma, uma vez dado o início a implementação de sistemas na Engenharia de Produto, iniciou-se o planejamento de um sistema para a Manufatura.

Se existia a concordância quanto a necessidade de ambos os “lados” utilizarem tecnologia de sistemas ( a Engenharia de Produto porque precisava duplicar os ambientes americano e alemão para fabricas produtos John Deere e a manufatura porque queria aproveitar esta informação que agora estaria disponível na forma digital e porque fazia sentido do ponto de vista do ambiente tecnológico na fábrica ) existiam alguns pontos sérios de divergência que foram decisivos para que tivéssemos de uma forma muito natural dois sistemas de engenharia coexistindo por alguns anos.

A visão de integração entre as duas grandes áreas ( Desenvolvimento de Produtos e Manufatura ) era bastante relativa na época. Para ilustrar a situação que a SLC vivia em torno de 1993 a 1995, descrevo uma conversa mantida com o “homem de sistemas” de uma indústria metal-mecânica da Argentina em junho de 2003.

Recebi o recado de ligar para meu velho amigo argentino assim que possível.

Após as brincadeiras sobre a copa ( certamente dei mais risadas do que ele ) ouvi que a empresa dele desejava adotar eu sistema de ERP para integrar suas operações internas e, num segundo momento, integrar-se com as empresas das quais é fornecedor.

Conheço de alguns anos a operação desta empresa e não foi difícil direcionar a conversa para onde eu queria.

Disse ao meu velho amigo que antes de pensar em sistema de informática seria necessário que eles mapeassem todos os seus processos e estabelecessem os pontos de ligação ( links ) entre eles. Por exemplo, como o Financeiro se relacionaria com a Manufatura, esta com Compras, etc. Comentei isso de propósito, pois sei que a operação desta companhia é baseada em ilhas nas quais uma poucas e frágeis pontes permitem ( alguma ) troca de informação .

Meu amigo tomou aquilo como uma revelação e pediu-me para escrever minha “ visão” pois certamente seria impactante dentro de sua organização e ele queria algum documento para embasar o começo da discussão.

Na SLC de 1993-1995 provavelmente não estávamos neste estágio tão inicial pois já trabalhava-se com um ERP desde \*\*\*\*\* .

O problema que havia na época relacionava-se aos papéis de cada área.

Existia a visão de que o produto da Engenharia de Produto ( ou “A Turma do Carpete “ ) era um papel ( desenho ) onde especificava-se tecnicamente o item. Nesta especificação pouco havia de colaboração da Manufatura.

Ocorria, por exemplo, da Engenharia de Produto especificar chapas que deveriam ser cortadas em puncionadeiras com furos com dimensões diferentes das ferramentas disponíveis. Outro exemplo interessante é a especificação de todos ângulos de saída iguais para um dado fundido o que em alguns casos criavam uma peça fisicamente impossível ( neste ponto vale o seguinte comentário: ao integrarmos a Fundimisa ( fundição ) em nossos Sistemas de Engenharia e conseqüentemente começamos a modelar os fundidos, constatou-se que muitos desenhos não correspondiam as peças físicas ( ou seria ao contrário ).

O fato é que, em muitos casos a Engenharia desenhava uma coisa e a manufatura fabricava outra.

Ao discutir o tema dos fundidos com os supervisores mais antigos a posição sempre era “todos nós sabemos como fabrica-se fundidos e como eles devem ser projetados” .

Algum tempo depois, já como Gerente de Sistemas, promovi uma visita técnica de um dos grupos de projeto a Fundição. Para “ surpresa” de muitos, a maioria das pessoas que há bastante tempo projetava fundidos nunca havia estado em uma Fundição e não entendiam de fato como o desenho que eles geravam era transformado em uma peça física.

Qual a razão disso ?

Minha interpretação é de um fenômeno puramente cultural.

Naquela época a visão departamental era muito forte ( como o é no citado exemplo argentino ) e sobrepunha-se a visão de produto.

Por outro lado, as pessoas com modelos mentais mais duros sempre colocam-se na defensiva diante da perspectiva de mudança. Para um velho ( mentalmente ) supervisor que “ sempre fez desta maneira “ perguntar a uma “ simples técnico “ como desenhar um fundido de forma a que o processo como um todo fosse o mais completo e correto possível já em sua origem era algo quase inalcançável. Na visão destas pessoas existiria uma “ perda de poder “ ao buscar conhecimento, pois seria uma demonstração de que não se tem todo o conhecimento necessário (!!!) .

Ao escrever estas linhas lembro dos sábios conselhos de meu pai quando concluí o CPOR e fui estagiar como Aspirante a Oficial e posteriormente como Segundo-Tenente.

O conselho foi: “ Procura os sargentos. Cada sargento sabe muito sobre alguma coisa que tu vais ter que saber um pouco “ .

Atribuo boa parte do sucesso de nossa implementação de Sistemas de Engenharia a quebra de paradigmas como estes. Muitas e muitas vezes fui ( e continuo indo ) aos técnicos que dominam o processo buscar conhecimento, sugestões e críticas.

A visão de que o verdadeiro poder vem do controle do processo ( no qual as pessoas são elementos chave e como tal devem ser tratados ) aos poucos está se tornando comum na John Deere Brasil.

Os novos supervisores não tem mais “medo” de buscar informações dentro e fora da organização, independentemente do nível hierárquico.

Modestamente creio que, de alguma forma, o trabalho de integração através de nossos Sistemas de Engenharia auxiliou nesta caminhada.

## **ANEXO 5 – O TIMONEIRO E A QUEBRA DE UM PARADIGMA CORPORATIVO**

Em um determinado momento ficou óbvio que o caminho a seguir seria integrar todas as Engenharias ( Produto, Experimental e Manufatura ) em um único grande sistema que, para efeito de estudos passou a ser chamado Sistema Único de Engenharia.

Avaliados custos, comparadas funcionalidades, estimados prazos e mudanças de processos necessários em ambas as soluções ( Mechanical Desktop e Pro/Engineer), concluiu-se que um fator decisivo a considerar deveria ser a verdadeira integração entre as engenharias de produto e de manufatura em Horizontina e nas outras unidades John Deere no mundo com quem fôssemos nos relacionar.

Posto isto aos gerentes de manufatura, um dia procurei o Diretor Industrial, Jorge Kruehl para conversar sobre o tema.

Após entender qual o assunto que me levava a procurá-lo, perguntou-me se eu estava convencido de que o Pro/Engineer seria o caminho certo a seguir.

Para mim há surpresa imediatamente após eu responder que sim ele disse que iria comigo na decisão e que deveríamos iniciar a implementação.

Confesso que levei um susto pois tinha bem presente as enormes implicações da decisão. Paradigmas muito fortes foram quebrados então.

Impressionou-me ( e ainda hoje me impressiona ) a tranquilidade e certeza do Diretor. Também me senti lisonjeado e um tanto receoso pela responsabilidade na decisão.

Para a companhia, com certeza, aquele foi um dos momentos mais importantes de sua história, pois abriu um caminho que mostrou-se longo, complexo e penoso mas cheio de recompensas, realizações e desdobramentos.

Ficou a lembrança e admiração do homem que entendeu e teve coragem de tomar uma decisão daquele porte baseado na opinião de um então jovem engenheiro.

## **ANEXO 6 – PARADIGMA A QUEBRAR – O DESENVOLVIMENTO DE PÓS-PROCESSADORES**

Uma das primeiras discussões que tivemos na então SLC quando as pessoas começaram a entender que tipo de mudanças ocorreriam em relação a nossos ambientes de engenharia quando efetivamente adotássemos recursos de informática.

A compreensão do conceito de CAM foi bastante natural e intuitiva por duas razões.

Em primeiro lugar algumas máquinas CNC então em uso já tinham pequenos sistemas CAM incorporados aos comandos nos quais era possível exercitar o conceito geral ( definição de caminhos de corte, especificação de ferramentas, simulação e otimização do processo ).

Por outro lado haviam fornecedores tentando vender soluções de CAM a companhia.

O único ponto em que foi necessário trabalhar foi conscientizar as pessoas que CAM era uma ferramenta de otimização do trabalho de profissionais e não uma ferramenta de eliminação de profissionais. Em outras palavras, o CAM não desenvolveria programas CNC sozinho mas sim otimizaria o trabalho dos programadores.

Podemos dizer, portanto, que a assimilação do conceito de CAM deu-se bem cedo e de forma relativamente consistente.

Não podemos afirmar o mesmo, no entanto, em relação aos pós-processadores.

O diagrama a seguir ilustra o conceito geral de pós-processador no contexto de Sistemas de Manufatura.

*CAM ( geração de caminhos de ferramentas ) -> pós-processamento -> geração de programa CNC*

O papel do pós-processador é, portanto, uma vez definidos os caminho de ferramentas, trocas de ferramentas, etc, ler estas definições e transformá-las em instruções ( programa CNC ) interpretável por uma dada máquina CNC.

Uma vez entendido o conceito, alguns pontos foram levantados, como por exemplo:

a) seria necessário um pós-processador para cada tipo de máquina e a SLC tinha vários tipos e origens de máquinas. Seriam muitos pós-processadores diferentes.

Na verdade, o “problema” era bem mais sério. Máquinas de um mesmo tipo e de um mesmo fornecedor trazem modificações em seu comando em cada nova versão de máquina. Significa, por exemplo, que duas puncionadeiras Amada com a mesma especificação técnica ( e as vezes o mesmo código ) teriam diferenças tais em seus comandos que exigirão diferentes pós-processadores. Na prática a regra geral tornou-se “ um pós-processador por máquina” .

b) pós-processadores custam em torno de US\$ 2000,00 para uma puncionadeira ou corte laser e o mesmo valor por eixo em máquinas de usinagem. Em consequência do item anterior, o valor total imobilizado seria considerável.

c) em terceiro lugar ( e que na época foi o mais “grave” ) é que trata-se de software ( o pós-processador é, na verdade, uma peça de software ) e “ a SLC é uma fábrica de máquinas agrícolas e não de software “ era o paradigma vigente.

Através de um trabalho bastante árduo de discussão e convencimento, os técnicos de manufatura e, posteriormente os engenheiros e gerentes, convenceram-se que:

a) Pós-processadores não são “produtos de prateleira” prontos. Devem ser desenvolvidos e permanentemente revisados e modificados, conforme aumenta o conhecimento sobre a operacionalidade e recursos de cada máquina CNC.

A estimativa atual é que 90% dos pós-processadores desenvolvidos na John Deere Brasil sofrem alguma modificação antes de um ano de operação.

Um fator fundamental para atingir-se este entendimento está no fato de que todos os programadores CNC são formados e em certo período de suas carreiras atuam como operadores de máquinas e como técnicos de processo.

b) A frequência destas modificações é alta e por demais relacionada a características técnicas de cada máquina para ser terceirizada ( as restrições neste caso seriam o alto custo para as mudanças frequentes e o risco estratégico em estabelecer-se uma relação de dependência com desenvolvedores externos ).

## **ANEXO 7 – A LÓGICA COMPLETA**

Minha primeira experiência na Universidade foi n o curso de Matemática da UFRGS, no qual entrei em 1982.

Mais do que qualquer outra razão minha motivação era a crença de que a vida poderia ser explicada e resolvida pela Matemática.

Vinte anos depois concluo que eu estava ao menos parcialmente certo. Existe uma Lógica que rege nossa existência ( ao menos a existência profissional ).

Essa Lógica, no entanto, usualmente é entendida apenas parcialmente. Na verdade, minha modesta opinião é que apenas a parte fácil desta disciplina é usualmente conhecida e aplicada.

Não pretendo aqui mais do que informar que tenho uma visão ( que chamo talvez de forma inadequada de Lógica Completa ) clara de que nos sistemas de produção atuais ( quero dizer, aqueles que utilizam tecnologias atuais de informática para atingir seus objetivos ) de que existe uma regra que define de forma mais ou menos geral o comportamento deste sistema.

A versão mais simplista desta visão é a seguinte ( note-se que o ambiente básico na qual esta visão foi construída é o de manufatura ).

A evolução da tecnologia de informática voltada a processos de produção convergiu na direção tornar os componentes desta tecnologia ( computadores, softwares, periféricos, etc. ) ferramentas de produtividade.

A premissa na qual baseiam-se estas ferramentas ( tipicamente CAD e CAM ) para alcançar sua completa funcionalidade é que sejam utilizadas por “profissionais capacitados” .

Então, de uma forma trivial podemos dizer que para uma dada funcionalidade em um processo produtivo ( de manufatura ) os componentes fundamentais são a ferramenta em si e o profissional.

Consideremos os seguintes exemplos.

Quase ao mesmo tempo em que a John Deere começou a implantar o Pro/Engineer em Horizontina, um de nossos concorrentes fez o mesmo.

Passados alguns anos observa-se que a implantação na John Deere alcançou resultados muito mais efetivos ( inclusive sob o ponto de vista da Teoria das Restrições ) do que os alcançados por nosso concorrente.

Considerando-se que ambas as empresas tiveram acesso a mesma tecnologia ao mesmo tempo, qual a variável que pode explicar o diferente nível de resultados ? A variável humana.

Em 1999/2000 desenvolvemos uma parceria com a Dell materializada em uma página na Internet onde a John Deere fazia suas aquisições escolhendo dentre quatro configurações padrão de hardware.

A utilização da página simplificava, acelerava e reduzia em muito o custo do processo de aquisição de hardware.

O comprador encarregado de efetivar as compras negou-se a utilizá-lo.

Por que razão ? Pela mesma razão que algumas ( muitas ? ) pessoas até hoje imprimem seus e-mails.

Muito falou-se neste trabalho sobre quebra de paradigmas. Evolução tecnológica é, fundamentalmente, sistematicamente quebrar paradigmas.

A indústria consegue alcançar resultado quando entrega estas novas tecnologias a “profissionais capacitados” : gente com formação e conhecimentos para entender a nova tecnologia e com a rara capacidade ( que pode ser desenvolvida ) de quebrar paradigmas, viver o novo paradigma e quebrá-lo novamente.

Em minha vida profissional com Sistemas de Engenharia passei por algumas “ondas de quebras de paradigmas”: do desenho convencional em papel para o CAD 2D ( ou prancheta eletrônica ). Depois apareceu transitoriamente o conceito de “CAD 3D” seguido pelo de Modelo Sólido. Vivemos agora a era da “Manufatura Virtual” onde boa parte da informação está construída na forma de “Modelos Derivativos”.

Em todas estas etapas a tecnologia esteve disponível a todos.

Em todas estas etapas o nível de resultado foi bastante diferente em diferentes empresas.

Por quê ? O fator humano faz a diferença.

O preocupante a respeito da Lógica Completa é que visivelmente as escolas e empresa buscam a qualificação tecnológica com afinco sem, no entanto, aplicar semelhante esforço no Fator Humano.

Esta é então uma questão para “gente de recursos humanos” ?

Provavelmente este seja um conceito que deva ser revisto também.

## **ANEXO 8 – O CURSO DE APRENDIZAGEM**

Logo que comecei a trabalhar na SLC alguns fatos muito chamaram minha atenção. Um deles certamente foi o altíssimo nível de qualificação de seu corpo técnico.

Um operário médio da John Deere tem em seu currículo dois anos de Aprendizagem Profissional ( através de um programa baseado em convênio com o SENAI ) e mais quatro anos de Curso Técnico de Mecânica ( através de um convênio com Colégio Comercial Jorge Logemann, em Horizontina ).

Este nível de qualificação foi, sem dúvida alguma, um dos fatores fundamentais para o sucesso na implementação de novas tecnologias de engenharia na John Deere Brasil.

A seguir algumas informações sobre o Programa de Aprendizagem.

### **HISTÓRICO DA APRENDIZAGEM**

#### **PRIMEIRA IDÉIA**

Segundo informações do Engenheiro Krueel, o Professor Zibert Krebs, Diretor da Escola Frederico Jorge Logemann, numa reunião do Rotary, levantou a hipótese de ser instalado um curso Técnico de Mecânica nesta Escola.

#### **30 DE JULHO DE 1974:**

Schneider Logemann e Cia Ltda, assina "Termo de Compromisso" para colocar à disposição do Colégio Máquinas e Equipamentos para o Curso Técnico de Mecânica.

#### **NOVEMBRO DE 1974:**

Remetido um dossiê ao Senai com a manifestação de interesse da comunidade para instalar o Curso Técnico de Mecânica.

**04 DE DEZEMBRO DE 1974:**

Senai apresenta a relação das máquinas, equipamentos e lay-out da oficina para iniciar o Curso.

**24 DE DEZEMBRO DE 1974:**

Colégio ratifica interesse para o Curso, instalando as oficinas de acordo como foi solicitado pelo SENAI.

**21 DE ABRIL DE 1975:**

Assinatura do Primeiro Acordo de Cooperação pelo representante do Presidente da FIERGS, Dr. Ennio Moura Valle e Comunidade Evangélica. Surge também a alternativa do aproveitamento das oficinas para o programa de Aprendizagem de Menores.

**MARÇO DE 1976:**

Início das aulas do Curso Técnico de Mecânica.

**JULHO DE 1976:**

Aula Inaugural do Curso Técnico de Mecânica.

**14 DE AGOSTO DE 1976:**

Início do programa de Aprendizagem de Menores.

**NOVEMBRO DE 1986:**

SLC e SENAI assinam Termo de Cooperação para recolher diretamente ao SENAI a contribuição geral, a partir de 1987.

**1995**

Inicia mais uma turma de aprendizagem e SLC - John Deere realiza investimentos na ordem de U\$ 200,000.00 inclusive em máquinas CNC.(De 60 aprendizes para 92 aprendizes).

**1998**

Inicia mais uma turma de aprendizagem (de 92 para 124 aprendizes). SLC - John Deere SA realiza novos investimentos no valor de US\$80000 e inicia-se o ensino regular de informática fazendo parte do conteúdo da aprendizagem. O laboratório para prática deste ensino foi projetado e patrocinado pelo grupo de Sistemas de Engenharia sendo até hoje sua responsabilidade mantê-lo.

## CONHECIMENTO - Qualificação



### Laboratório de Informática Industrial



SLC-JD  
SENAI  
Escola F. L.



### 1999

Muda a forma de expediente dos aprendizes. No primeiro ano do curso, os aprendizes recebem aulas meio período no Senai e outro meio período realizam o curso técnico em mecânica no Colégio Frederico Jorge Logemann. Recebem uma bolsa de estudo integral paga pela Fundação Jorge A. D. Logemann, onde custeia toda a educação formal mais restaurante na empresa e vale transporte.

No segundo ano da aprendizagem os alunos passam a realizar estágio na empresa em meio período e o outro meio período realizam suas atividades no Senai. No período da noite

realizam as aulas do curso técnico. Neste ano os aprendizes recebem uma bolsa de  $\frac{2}{3}$  do salário mínimo nacional e 50% das mensalidades escolares.