

UNITAU – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

ALUNO: JULIO HENRIQUE PIMENTEL MEDRANO

ORIENTADOR: PROF. DR. EDUARDO HIDENORI ENARI

**UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE MODELAGEM E DE SISTEMAS A EVENTOS
DISCRETOS EM PROCESSOS LOGÍSTICOS NA INDÚSTRIA DE
MÁQUINAS/EQUIPAMENTOS**

TAUBATÉ

2011

JULIO HENRIQUE PIMENTEL MEDRANO

**UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE MODELAGEM E DE
SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS EM PROCESSOS
LOGÍSTICOS NA INDÚSTRIA DE
MÁQUINAS/EQUIPAMENTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Hidenori Enari

Taubaté – SP

2011

Medrano, Julio Henrique Pimentel

A utilização dos conceitos de modelagem e de sistemas a eventos discretos em processos logísticos na indústria de máquinas/equipamentos. Taubaté, 2011. 123 p. Mestrado.

1. Fluxo de Materiais. 2. Gestão de Materiais. 3. Linguagens formais e SED. 4. Controle Supervisório. UNITAU – Universidade de Taubaté. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica / Produção.

JULIO HENRIQUE PIMENTEL MEDRANO

**A UTILIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE MODELAGEM E DE SISTEMAS
A EVENTOS DISCRETOS EM PROCESSOS LOGÍSTICOS NA
INDÚSTRIA DE MÁQUINAS/EQUIPAMENTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do
Título de Mestre pelo Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté,
Área de Concentração: Produção

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Hidenori Enari

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. Dener Martins dos Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Assinatura: _____

Prof. Dr. Fernando Antonio Elias Claro

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha esposa, meu filho, meus irmãos e irmãs e aos meus pais.

Agradecimentos

Agradeço à Deus pela oportunidade e conclusão desta dissertação.

Agradeço em especial minha esposa, filho e familiares pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao professor Dr. Eduardo Enari pelo acompanhamento e revisão deste trabalho, mostrando os caminhos a serem seguidos diante das dificuldades e pelo precioso apoio e compreensão.

Ao professor Dr. Jorge Muniz pela oportunidade, atenção e apoio.

Aos professores Dr. Fernando Claro e Dr. Dener Martins pela atenção e colaboração.

Aos meus pais pela formação de caráter e carinho.

As minhas irmãs e irmãos pelo incentivo de buscar.

Aos professores, alunos e funcionários da UNITAU pela colaboração e apoio.

Ao Msc. Engenheiro Leôncio Ubiratan Peres pelo “*feedback*” e apoio, representante da empresa “ X “ estudada .

Agradeço sinceramente aos diretores da empresa “X” pelo apoio financeiro e envolvimento dos funcionários, bem como o apoio exploratório da pesquisa.

SUMÁRIO

Agradecimentos	5
Sumário	6
Lista de Figuras	8
Lista de Figuras	9
Lista de Quadros	10
Lista de Tabelas	11
Lista de Símbolos	12
Lista de Abreviaturas	13
Resumo	14
Abstract	15
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contexto	17
1.2 Problema	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo Geral.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	19
1.4 Justificativa.....	20
1.5 Origem do Trabalho.....	21
1.6 Metodologia.....	22
2 SISTEMA DE MATERIAIS	25
2.1 Administração da Produção.....	25
2.2 O Planejamento e Controle da Produção.....	26
2.3 Gestão de Materiais.....	28
2.4 Gestão de Estoques.....	30
2.5 O Sistema ERP.....	31
2.5.1 A Evolução Histórica e Aperfeiçoamento do MRP,MRP II a ERP.....	32
3 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS DE SED	36
3.1 Definição de SED....	36
3.2 Linguagens	40
3.2.1 Representação de SEDs através de linguagens.....	42

3.3 Autômatos.....	42
3.4 Teoria de Controle Supervisório (TCS).....	46
3.4.1 Controlabilidade.....	46
3.4.2 Supervisores.....	47
3.4.3 Controle Monolítico.....	48
3.4.4 Síntese de supervisores monolíticos.....	49
3.4.5 Modularidade.....	50
3.4.6 Controle Modular Local.....	50
4 ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO e IMPLANTAÇÃO DO SED	53
4.1 O Funcionamento da Gestão de Estoques da Empresa.....	53
4.2 Plano de implantação do SED.....	57
4.2.1 Melhorias no controle de fluxo de materiais.....	59
4.2.2 Etapas definidas para implantação do SED.....	61
4.3 Modelagem do SED para a empresa “X”.....	62
4.4 Síntese do Modelo SED.....	75
4.5 Implementação do SED.....	80
4.5.1 Programa AQUARIUS.....	80
5 RESULTADOS	86
6 CONCLUSÕES e TRABALHOS FUTUROS	94
6.1 Conclusões.....	94
6.2 Trabalhos Futuros.....	96
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXO I.....	101
ANEXO II.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo geral da administração da produção.....	25
Figura 2	Visão geral do planejamento estratégico.....	27
Figura 3	Gestão de materiais integra a gestão de fluxo de materiais com o fluxo de informações associado.....	28
Figura 4	Evolução e Aperfeiçoamento do ERP.....	32
Figura 5	Pequena Fábrica.....	38
Figura 6	Trajectoria no espaço de estados de Pequena Fábrica.....	39
Figura 7 a	Autômato acessível.....	43
Figura 7 b	Autômato não acessível.....	43
Figura 8	Supervisor Monolítico.....	49
Figura 9	Funcionamento dos supervisores.....	51
Figura 10	Arquitetura de controle proposta por Queiroz e Cury.....	52
Figura 11	Sistema do Fluxo dos Materiais.....	64
Figura 12	Modelo SED – Separar.....	65
Figura 13	Modelo SED - Montar.....	66
Figura 14	Modelo SED - Terminar.....	67
Figura 15	Modelo SED - Acabado.....	68
Figura 16	Modelo Depósito processo.....	69
Figura 17	Modelo Depósito semi acabado.....	70
Figura 18	Modelo – depósito matéria prima.....	71
Figura 19	Especificação Parada-Atividade Separar/Montar.....	72
Figura 20	Especificação parada – atividade montar / terminar.....	73
Figura 21	Especificação parada – atividade terminar / acabado.....	74
Figura 22	Controle supervisório: separar- depósito matéria prima – montar	76
Figura 23	Controle supervisório: montar – depósito processo – terminar.....	77
Figura 24	Controle supervisório: terminar– depósito semiacabado– acabado	78
Figura 25	Proposta de arquitetura de implementação x empresa “ X “.....	80
Figura 26	Aplicação e simulação do conceito de SED em um ERP customizado.....	81
Figura 27	Apoio computacional Vensim – Orientado a eventos.....	82
Figura 28	Apoio computacional Vensim – <i>Loops e Feedbacks</i>	83
Figura 29	Aplicação de Modelagem e Arquitetura para célula de usinagem/solda	84

Figura 30	Aplicação de Modelagem e Arquitetura para célula de usinagem/solda	85
Figura 31	Arquitetura física para coleta de dados nas células e sub células	88
Figura 32	Gráficos – Evolução dos estoques (mesmo volume de produção no período).....	88
Figura 33	Gráficos – Evolução Produção – Mesma área e homem-hora.....	89
Figura 34	Gráficos – Evolução Expedição – Mesma área, recursos e homem-hora.....	90
Figura 35	Gráficos – Fluxos de Materiais em 2004 (layout da empresa “X”).....	92
Figura 36	Gráficos – Fluxos de Materiais em 2006 (layout da empresa “X”).....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: O dilema da gestão de materiais.....	29
------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	O primeiro modelo para pequena fábrica.....	39
Tabela 2	O segundo modelo para pequena fábrica.....	40
Tabela 3	Estrutura de produtos e quantidades a ser programada.....	58
Tabela 4	Programação de entregas.....	58
Tabela 5	Controle de Custos (Orçamento Anual).....	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ	Conjunto finito de transições ou normas de eventos
χ	Conjunto de estados
f	Função de transição, descrevendo transições de estados
χ_m	Conjunto finito de estados de marcações
x_0	Autômatos no seu estado inicial
L_m	Linguagem marcada
G	Planta gerada pelo autômato

LISTA DE ABREVIATURAS

PCP	Planejamento e Controle da Produção
MRPII	Material Requirements Planning ou Planejamento dos Recursos de Manufatura
ERP	Enterprise Resources Planning
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TI	Tecnologia da Informação
PPGEM-P	Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica / Produção
PCM	Planejamento e controle de materiais
MP	Matéria-prima
PA	Produto acabado
PDM	Padrão descritivo de materiais
NS	Nível de serviço
IEEE	Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos
SED	Sistemas a Eventos Discretos
CLP	Controlador Lógico Programável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
TCS	Teoria de Controle Supervisório
SFC	Sequential Function Chart
DES	Discrete Event System
GNV	Gás Natural Veicular

RESUMO

MEDRANO, J. H. P., A utilização dos conceitos de modelagem e de sistemas a eventos discretos em processos logísticos na indústria de máquinas/equipamentos. Taubaté: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade de Taubaté, 2011. Dissertação.

O presente estudo apresenta a reorganização do projeto de trabalho de uma indústria produtora de equipamentos para compressão de GNV, apoiada pelo uso de sistemas a eventos discretos (SED). A empresa em questão, pioneira neste segmento na América Latina, viveu um súbito aumento na demanda de mercado que expôs fragilidades em seu sistema logístico. Problemas associados ao planejamento e controle de estoque e fluxo de materiais tornaram-se evidentes e deveriam ser resolvidos para que não prejudicassem o fluxo de vendas da empresa. Devido a complexidade existente no projeto produtivo, a simulação foi considerada como a maneira mais segura de planejar alterações nas práticas administrativas e produtivas, sem interferir na rotina da empresa. A modelagem realizada neste trabalho foi feita a partir da construção de uma cadeia de valor para o processo produtivo. Tal abordagem permitiu identificar diversos fatores que contribuíam diretamente à falta de eficiência da empresa tais como a ausência de um sistema logístico estruturado: interligação deficiente entre determinados setores administrativos e a manufatura, formação de estoques paralelos, perda excessiva por manuseio, retrabalho ou uso incorreto de componentes (“hidden factory”). A modelagem e a análise das propriedades dos modelos foram validadas por meio de um sistema de gestão integralizado (ERP) trabalhando com base em dados reais da empresa estudada. O estudo revelou oportunidades de melhoria baseado na reorganização da seqüência de fabricação e de abastecimento de materiais, aumento de produtividade através de realocação da mão-de-obra, organização do local de trabalho e padronização das atividades. As melhorias identificadas no estudo exploratório e na simulação foram consolidadas formando um sistema de gestão customizado para a empresa objeto do estudo.

Palavras Chave : Fluxo de materiais. Gestão de materiais. Gestão de estoques. ERP. Sistemas a eventos discretos.

ABSTRACT

MEDRANO, J. H. P., The use of the concepts of modeling and discrete event systems in logistics processes in industry machinery / equipment. Taubaté : Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Mecânica , Universidade de Taubaté, 2011. Dissertação.

This study presents the reorganization of the project work of an industry producing equipment for compressed natural gas (CNG), supported by the use of discrete event systems (DES). The company in question, a pioneer in this segment in Latin America, experienced a surge in market demand that has exposed weaknesses in their logistics system. Problems associated with planning and inventory control and material flow have become evident and should be resolved not to damage the flow of the company's sales. Because of the complexities that exist in productive project, the simulation was considered the safest way to plan changes in administrative and productive practices, without interfering with the routine. The modeling performed in this work was done from the construction of a value chain for the production process. This approach has identified several factors that contributed directly to the inefficiency of the company such as the absence of a structured logistics system: poor interconnection between certain administrative sectors and the manufacture, stockpiling, parallel loss by excessive handling, rework or incorrect use of components ("hidden factory"). The modeling and analysis of the properties of the models were validated by means of a management system (ERP) work based on real data of the studied company. The study revealed opportunities for improvement based on the reorganization of the sequence of manufacturing and supply materials, increased productivity through reallocation of labor, work, workplace organization and standardization activities. The improvements identified in the exploratory study and simulation were consolidated to form a customized management system to the company object of study.

Keywords: Material flow. Material management. Inventory management. ERP. Discrete Event Systems

1 INTRODUÇÃO

Até há pouco tempo as empresas brasileiras, principalmente as PMEs (Pequenas e Médias Empresas), não tinham que se preocupar com relação ao sistema de materiais, pois tanto as compras como os estoques se desenvolviam de forma mais direta possível. A expansão do comércio em diversos mercados fez aparecer a concorrência que atinge a tudo e a todos. Muitas empresas não estavam preparadas e muitas delas estavam envolvidas com a diversificação das linhas de produção, esquecendo-se que o sistema de materiais pode ser um instrumento adequado para que as empresas consigam vantagens competitivas (Doumeingts e Ducq, 2001).

Em razão disso, já não se discute a necessidade de uma reestruturação neste setor, pois existe a necessidade de uma abordagem ampliada e atualizada da moderna gestão de materiais. Conseqüentemente, as organizações passaram a realizar seu planejamento e criar estratégias de negócios levando em conta modernas tecnologias de informação voltadas à gestão de materiais de acordo com Tavares (2000).

Para muitas empresas a gestão de materiais ainda é vista como um meio de reduzir os custos, ignorando os diferentes estágios de movimentação de materiais. Por isso, ainda existem empresas que não romperam com as estratégias tradicionais da gestão de materiais, revelando um atraso considerável em relação às empresas estrangeiras. Basta ver que antes de acontecerem as modificações nos processos industriais, a produção de bens ainda era executada de forma artesanal. Essa perspectiva foi se tornando defasada por causa de novos enfoques e pela necessidade de integração da área de influência da gestão de materiais, que abrange desde o controle de estoques até o transporte do material. (Longenecker et al., 1998) .

A busca por um controle de materiais que trouxesse maior economia para a empresa foi uma meta perseguida por muitas organizações, que para sobreviver, precisavam saber exatamente quanto compravam, a quantidade física dos estoques, o fluxo do material e as informações correlacionadas aos materiais (Corrêa et al., 2001).

1.1 CONTEXTO

A gestão de materiais em pequenas e médias empresas possui seu próprio conjunto de problemas, enquanto que as grandes empresas possuem maiores recursos, facilitando o desenvolvimento de metas de trabalho (Lima, 2001). Dentre estes problemas, as pequenas e médias empresas tem menor competitividade, limitação de recursos ou falta de credibilidade de um novo modelo, o que acaba culminando com uma capacitação técnica insuficiente. Neste sentido, percebe-se que muitas pequenas e médias empresas ainda hesitam em adotar sistemas organizacionais modernos, por absoluta falta de conhecimento dos mesmos conforme Martens e Freitas (2002).

Em recente pesquisa do SEBRAE (2007), cerca de 50% dessas PMEs (Pequenas e Médias Empresas) não conseguem passar do primeiro ano de vida e que depois de cinco anos, apenas 20% delas sobrevivem e que anualmente um número significativo de novas unidades são criadas. Embora a rotatividade ocorra até nas grandes empresas, ela é bem mais comum nas PMEs. Estas últimas enfrentam maiores dificuldades em decorrência de fatores tais como: inexperiência ou falta de planejamento estratégico por parte do empresário, incertezas quanto à demanda do produto (caso das novas empresas), baixa capitalização (capital de giro) para finalizar a produção e comercialização. Logo, ficam mais vulneráveis às oscilações da economia e apresentam uma taxa de sobrevivência menor, especialmente nos primeiros anos de atividade. Essa fragilidade dificulta a obtenção de financiamentos, agravando ainda mais seu ciclo de vida.

Davenport et al.(2004) relataram que esses tipos de empresas apresentam aspectos bastantes singulares e, na maior parte dos casos, elas utilizam-se de abordagens informais e oportunistas para crescer. Embora o assunto seja bastante relevante, têm-se disponíveis pesquisas voltadas para as grandes empresas, enquanto que, para as Pequenas e Médias Empresas, existe a disponibilidade de poucos trabalhos relacionados ao tema (Migliato e Escrivão, 2004).

O contexto deste trabalho é focado em uma empresa de médio porte, no segmento de petróleo e gás, empresa gerida em regime familiar, as decisões são

unilaterais e peculiares, tem-se um produto com valor agregado muito alto, com baixo nível de controle, alta variedade e baixo volume de produção.

1.2 PROBLEMA

O ambiente dinâmico de fabricação traz novas situações a cada momento, no qual as ações estratégicas são realizadas pela empresa com a finalidade de retornar o rumo traçado, independentemente das dificuldades que possam surgir no percurso. Segundo Mintzberg et al. (2000), as ações estratégicas são adaptativas, respondendo às contingências ambientais na medida em que elas ocorram, visando o alcance dos objetivos estratégicos da organização. O grande ponto a ser atingido é o equilíbrio das operações .

Hayes e Upton (1998) , propuseram utilizar as capacitações funcionais para produzir as estratégias que seriam usadas para atingir os fins. Contudo, Argyris e Shön (1996) argumentaram que entre as estratégias funcionais, particularmente a de fabricação, é mais dinâmica que as estratégias dos níveis superiores devido à necessidade de adaptar-se ao contexto organizacional. Para entender os objetivos da estratégia do negócio a fabricação faz suas adaptações absorvendo os conhecimentos gerados ao longo do tempo através das suas áreas e setores.

Diante disso, as PMEs se defrontam com muitas dificuldades de identificar e solucionar os seus problemas, conforme pesquisas realizadas pelo SEBRAE (2007). Geralmente demandam soluções específicas para suas dificuldades que dentre os quais o controle de materiais, o sistema de fabricação (produção) e o sistema de fluxo de materiais; impactam nas decisões estratégicas da empresa. Buscando entender e solucionar o fluxo de materiais de uma empresa de médio porte do segmento de Petróleo/Gás, apresenta-se o problema de pesquisa do presente trabalho, na forma da seguinte questão:

Como as ferramentas formais de modelagem e síntese de Sistemas a Eventos Discretos (SED) podem contribuir para o desenvolvimento de um sistema de fluxo de materiais (processos logísticos) em uma empresa de médio porte do segmento de máquinas/equipamentos para GNV?

Como resposta provisória apresenta-se a diretriz de pesquisa na forma do seguinte argumento lógico composto por três premissas e a conclusão:

P1: As ferramentas formais de modelagem e síntese de SED, dentro do sistema de fluxo de materiais, geram novas capacitações.

P2: As capacitações criadas pelo conhecimento das ferramentas de modelagem e síntese de SED, fortalece a identificação do sistema de fluxo de materiais.

P3: As ferramentas formais de modelagem e síntese de SED podem ser parte do processo de formulação e implementação de um sistema de fluxo de materiais.

C: Então, a ferramenta formal de modelagem e síntese de SED pode ter influência na elaboração de um modelo e síntese de um sistema de fluxo de materiais.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Conceber um modelo e síntese, utilizando ferramentais formais de modelagem e síntese de SED, de um sistema de controle do fluxo de materiais.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Abordar conceitos atuais da literatura ligados à implantação de um sistema de fluxo de materiais;
- b) Fazer um estudo exploratório, a fim de obter informações sobre os processos dos departamentos desta empresa de médio porte;
- c) Identificar recomendações para manter o sistema do fluxo de materiais nesta empresa de médio porte e suas peculiaridades;
- d) Otimizar o fluxo de materiais nas células de fabricação com uso de SED;
- e) Identificar os fluxos nas células de fabricação atuais.

1.4 JUSTIFICATIVA

As estratégias, independente do seu nível hierárquico, são formadas por conteúdo e processo e, embora conteúdo e processo sejam interligados entre si, podem ser analisadas separadamente. O conteúdo trata do que está decidido, ou seja, as questões “o que” da estratégia, enquanto o processo é o método para produzir o fluxo de decisões e ações, ou seja, as questões “como” da estratégia, conforme Slack et al , (2002).

Definir a estratégia de manufatura (produção) como um padrão de decisão ajuda a identificar tal estratégia mesmo que ela não esteja formalmente explícita. Segundo Slack et al (2002, p.87), “observar o padrão geral das decisões, dá uma indicação do comportamento estratégico real”. Os sistemas de materiais são processos e métodos de suprimento de materiais nas linhas de produção e têm como finalidade assegurar o fluxo produtivo ininterrupto. Consiste também em evitar perdas nas linhas de produção causadas por movimentação do pessoal ou pelo manuseio de embalagens e peças (Tubino, 2000). Por isso, é através do sistema de materiais, que se podem reduzir os custos de estoques, estabilizando o processo produtivo, evitando os desperdícios e reduzindo os custos (Corrêa et al., 2001).

A movimentação de materiais (fluxo de materiais) é o subsistema que será abordado neste trabalho com a utilização de ferramentas formais de modelagem e síntese de SED. Com a utilização dessa ferramenta, a empresa “X”, pode responder os desafios do dia-a-dia como: reduzir o custo de seus bens, lançar seu produto no mercado com maior rapidez, menor preço e melhor qualidade, reduzir preços, reduzir desperdícios, otimizar processos, aumentar a produtividade e atender com mais eficiência a cadeia de suprimentos e às mudanças no mercado, bem como prover o crescimento profissional e o empreendimento e estreitar cada vez mais o elo entre universidade e empresa.

Para Maslen e Platts (1997, p.314), o resultado do processo corporativo baseado no mercado, analisa as prioridades competitivas, mas adicionalmente “ênfatisa o desenvolvimento de capacitações e vê a formação de estratégia como um contínuo processo de aprendizagem”, ou seja, recursos e capacitações são os maiores determinantes da competitividade. Hayes e Pisano (1994, p.83), afirmaram

que um dos problemas na adoção de programas de capacitações é “a ausência de reconhecimento de que novas práticas constroem novas capacitações, que pode ser uma base para novas estratégias da manufatura (produção), se elas forem reconhecidas e exploradas.”

Justifica-se em função dessas observações, a investigação da utilização de ferramentas formais de modelagem e síntese de SED, como uma contribuição para o processo de criação de capacitações, que conseqüentemente influencia a elaboração de um modelo e síntese de um sistema do fluxo de materiais para uma empresa de médio porte.

1.5 ORIGEM DO TRABALHO

O trabalho teve início nas instalações da empresa “X”, uma empresa de médio porte (conforme critério do IBGE) do segmento de Petróleo/Gás, pois possui 149 funcionários e também possui receita operacional anual bruta de acordo com os critérios estabelecidos no estatuto das PMEs criado em 1999. O período de desenvolvimento do trabalho foi entre 2005 à 2008. A empresa estudada mostrou uma deficiência na área de suprimentos, produção e custos. Isto despertou o interesse em conhecer detalhadamente os princípios de funcionamento do sistema de trabalho, pois o desafio era adequar o modelo organizacional já existente com um sistema que refletisse uma maior funcionalidade do setor. A empresa “X” que atua no mercado nacional de sistemas de compressão para Gás Natural Veicular (GNV) tem suas origens na Argentina, país que concentra a maior frota mundial de veículos movidos a GNV.

No Brasil, a empresa “X” é conhecida há mais de 15 anos, uma vez que os sistemas de compressão de gás natural veicular da empresa já eram comercializados por representantes autorizados.

Mas foi só em 2002, que a empresa se instalou no Brasil. A empresa já conta com escritórios comerciais no Rio de Janeiro e São Paulo, com centrais de assistência técnica nestas duas capitais e em Recife e mini-bases de assistência

técnica espalhadas por diversas cidades no território nacional. A empresa oferece uma geração de 320 empregos diretos e mais de 900 indiretos no País.

A missão da empresa é consolidar-se como líder no mercado mundial de sistemas de compressão para gás natural veicular, através da qualidade de seus produtos e serviços.

1.6 METODOLOGIA

A investigação científica depende de um “conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos” para que seus objetivos sejam atingidos , segundo Gil (1999).

Método científico é o conjunto de processos ou operações mentais que se devem empregar na investigação. É a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa. Realizado uma análise de diagnóstico da pesquisa a ser desenvolvida, tem-se as seguintes conclusões :

Assunto : Modelagem e simulação

Tema : Controle de fluxo de materiais

Objeto de estudo : Fluxo de materiais para abastecimento de linhas de montagens em uma empresa de médio porte no segmento de petróleo e gás.

Hipótese: A utilização do SED otimiza o fluxo de materiais nas células de fabricação .

Variável independente: aplicação de SED .

Variável dependente: otimização do fluxo de materiais.

Variável interveniente: experiência profissional, cultura da empresa, nível cultural das pessoas, capacitação técnica, idade das pessoas.

A metodologia aplicada será: qualitativa, exploratória, de estudo de caso e pesquisa-ação. Seguem as argumentações e respectivo apoio na literatura.

Quanto ao método o mais adequado é o método dedutivo, no qual a regra básica do argumento “dedutivo” é “as conclusões são sempre verdadeiras quando as premissas forem verdadeiras” e a recíproca é falsa (Viegas,1999). Segundo o

mesmo autor, o raciocínio “dedutivo” vai do geral para o particular, o “indutivo” vai do particular para o geral.

Quanto à abordagem do problema, a avaliação qualitativa é caracterizada pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos, em contrapartida à avaliação quantitativa, denominada pesquisa quantitativa, onde predominam mensurações. Por isso, a abordagem qualitativa foi a mais adequada, tendo em vista que a mesma pode analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo, segundo Oliveira (2002).

Quanto ao objetivo da pesquisa, o método exploratório é o mais adequado porque “é realizado em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado.”, conforme Vergara (2000, p.47).

O procedimento técnico a ser utilizado é o estudo de caso e pesquisa-ação. A estratégia de pesquisa estudo de caso pede avaliações qualitativas, pois seu objetivo é o estudo de uma unidade social que se analisa profunda e intensamente. O estudo de caso “é um método que abrange tudo – com a lógica de planejamento incorporando abordagens específicas à coleta de dados e à análise de dados”, segundo Yin (2001, p. 33). Por isso, trata-se de uma investigação empírica que pesquisa fenômenos dentro de seu contexto real (pesquisa naturalística), onde o pesquisador não tem controle sobre eventos e variáveis, buscando apreender a totalidade de uma situação e, criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto. Mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado – problema da pesquisa -, o estudo de caso possibilita a penetração na realidade social, não conseguida plenamente pela avaliação quantitativa. Segundo Krafta (2007), a pesquisa-ação aplica-se aos casos onde é necessário coletar dados mais sutis e significativos. Assim, em virtude de uma ampla inserção do pesquisador no contexto da pesquisa e do envolvimento do pesquisador e dos membros da empresa estudada no contexto da pesquisa e do envolvimento do pesquisador e dos membros da empresa estudada em torno de um interesse em comum, os dados tornam-se mais facilmente acessíveis em uma pesquisa-ação. Este objeto e ação, no caso, é um sistema de controle de fluxo de materiais em uma

empresa de médio porte do segmento de Petróleo/Gás, com a utilização de ferramentas formais e síntese de SED.

2 SISTEMA DE MATERIAIS

2.1 A ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A administração da produção consiste na maneira pela qual as organizações produzem bens e serviços. A Figura 1 apresenta um esquema geral de como é desenvolvida a administração da produção abordando-se as principais atividades desde a entrada até a saída dos produtos. Segundo Slack et al. (2002), a função de produção abrange os recursos destinados à produção de seus bens e serviços e qualquer organização possui uma função produção porque produz algum tipo de bem ou serviço.

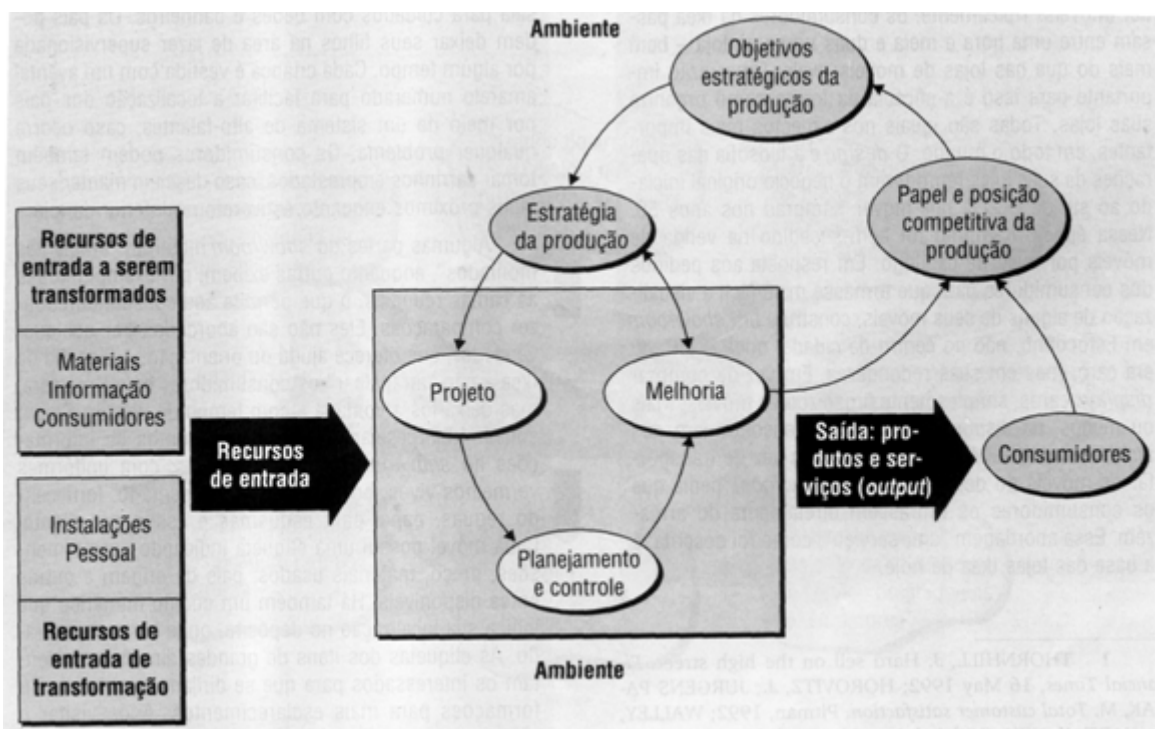


Figura 1: Modelo geral da administração da produção
FONTE: SLACK et al. (2002).

A função produção compreende todas as atividades necessárias para a satisfação dos consumidores. Assim é vital para qualquer organização pois produzir bens e serviços são a razão de sua existência.

Os sistemas produtivos precisam executar diversas funções operacionais, desempenhadas por pessoas, compreendendo as fases do projeto de produtos, controle de estoques, recrutamento e seleção de pessoal, dentre outras atividades. Essencialmente a função de produção consiste em adicionar valor aos bens ou serviços durante o processo de transformação, segundo Loh et al. (2004). Certamente, se não for seguida esta norma, não existe produção, pois o processo abrange os recursos de entrada, transformação e saída dos produtos.

2.2 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) abrange um sistema que comanda as tarefas de produção e atividades de apoio, centralizando informações que, depois de processadas, poderão ser distribuídas aos setores envolvidos.

Adam et al. (2000) relataram que o PCP é responsável pela coordenação e aplicação dos recursos produtivos de forma a melhor atender os planos estabelecidos em níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção.

Segundo o mesmo autor, o Plano de Produção é o resultado de estratégias ligadas à produção e tem como objetivo alocar corretamente os recursos produtivos para as estratégias escolhidas.

O planejamento estratégico das atividades de produção requer que sejam tomadas algumas ações para o alcance dos objetivos estratégicos da organização. Conforme Corrêa et al. (2001) existem algumas ações de planejamento consideradas imprescindíveis. A primeira delas consiste em planejar as necessidades futuras de capacidade produtiva da organização, ou seja, é importante enxergar as necessidades futuras a longo, médio e curto horizontes para que se possam tomar as decisões adequadas. É necessário também, planejar os materiais comprados para que estes não cheguem nem antes nem depois, ou em quantidades maiores ou menores do que aquelas necessárias a demanda. Os estoques devem

ser reduzidos aos níveis mínimos necessários para atender as estratégias da organização. As atividades de produção devem ser programadas para garantir que os recursos produtivos envolvidos estejam sendo utilizados em cada momento, nas atividades certas e prioritárias.

Conforme Adam et al.(2000), neste sentido, a priorização merece tratamento cuidadoso dentro das atribuições dos sistemas de administração da produção. A disponibilidade de informação serve para se ter o controle dos processos. É essencial também, o cumprimento do que é prometido, pois se assim não for, certamente poderá haver turbulências. Ser capaz de reagir eficazmente a mudanças é uma função essencial da atividade de controle da produção.

O mesmo autor diz que a melhoria do desempenho da produção deve ser uma tarefa perseguida por todos os gerentes de operações, seja com a atitude de acompanhar o desempenho dos concorrentes até a ação de evitar que os erros aconteçam. Desta forma, a atividade de planejamento deve ser contínua, pois em cada momento, deve-se ter a noção da situação presente, a visão de futuro, os objetivos pretendidos e o entendimento de como esses elementos afetam as decisões que se devem tomar no presente. A Figura 2 apresenta uma visão geral do planejamento estratégico de uma empresa.



Figura 2: Visão geral do planejamento estratégico

FONTE: TUBINO (2000).

2.3 GESTÃO DE MATERIAIS

A administração de materiais na visão de Mendes et al. (2002) é bastante ampla e eles relatam que a função administração de materiais é conceituada e estudada como um sistema integrado em que diversos subsistemas próprios interagem para constituir um todo organizado. Tem-se que capacitar de recursos necessários ao abastecimento de materiais para o bom funcionamento de uma organização, na quantidade certa, no tempo exigido e nos menores custos.

A idéia de integração também faz parte do conceito de gestão de materiais, que originou-se na função de compras de empresas e compreende a importância de integrar fluxo de materiais e suas funções de suporte, seja por meio do negócio como do fornecimento aos clientes imediatos. Isso abrange as funções de compras, de acompanhamento, gestão de estoques, gestão de armazenagem planejamento e controle e produção e gestão de distribuição física (Slack et al., 2002). Para tentar entender melhor este conceito, a Figura 3 apresenta uma idéia geral do conceito de gestão de materiais. Nesta figura, percebe-se que os diferentes estágios da movimentação de materiais são normalmente isolados, utilizando-se de estoques.

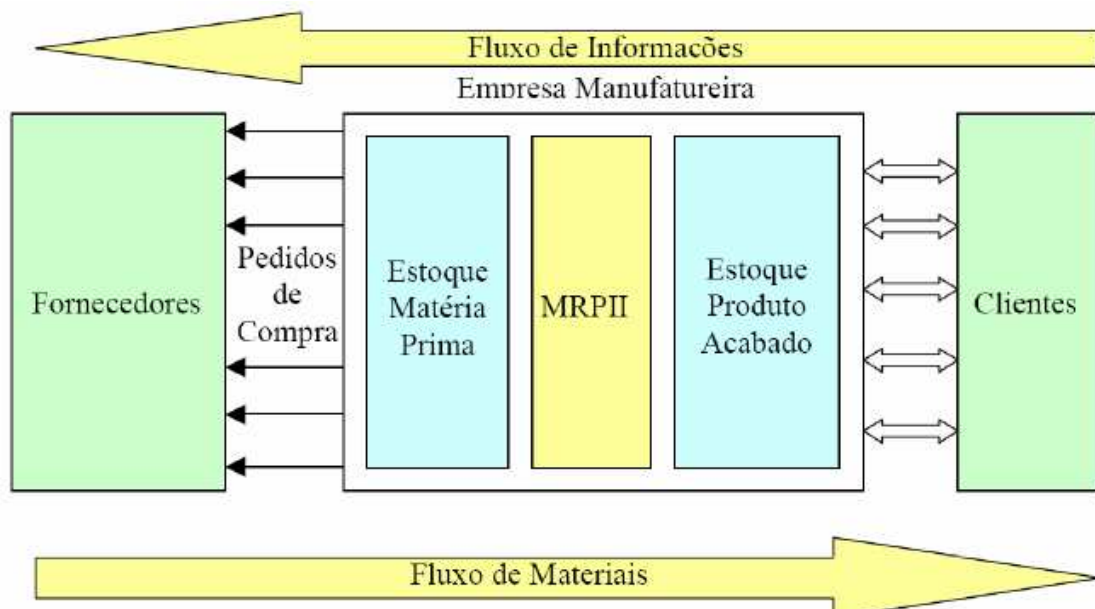


Figura 3: Gestão de materiais integra a gestão de fluxo de materiais com o fluxo de informações associado
FONTE: SLACK et al. (2002).

O papel do gestor de materiais seria analisar e decidir o que é e o que não é para se colocar nos estoques da empresa. Certamente, sua responsabilidade é ampla, pois as verbas geralmente são elevadas e limitadas.

Por isso, a missão do profissional gestor de materiais na visão de Gasnier (2006, p. 6):

- a) assegurar um satisfatório padrão de qualidade no atendimento das necessidades de seus clientes (externos e internos);
- b) assegurar e elevar a produtividade da empresa, administrando os materiais, recursos e as informações relacionadas.

E não é só esta a missão do gestor de materiais, ele tem várias decisões diárias enquanto procura executar sua desafiadora missão. Gasnier (2007) apresenta no Quadro 1, o dilema da gestão de materiais.

Por um lado, desejamos reduzir os estoques, pois...	Por outro lado, precisamos manter os estoques, pois...
<ul style="list-style-type: none"> • Crescente diversificação de produtos exige utilizar recursos de forma mais produtiva. • Desejamos maior liquidez. Itens parados no estoque não agregam valor para os clientes. • Alguém sempre paga pelo custo do financiamento do capital de giro investido em materiais. • Estoque reduzido agiliza o “feedback” que melhora a qualidade, e permite resposta rápida na mudança de linha. • Reduzimos os custos de manutenção, tais como espaço para armazenagem, seguros e perdas por manuseio • Manter estoques provoca também perdas por obsolescência dos materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existem restrições na cadeia de abastecimento entre a capacidade produtiva instalada e demanda de mercado. • Persistem as causas das incertezas e flutuações na oferta e na demanda. • A falta de materiais pode comprometer o atendimento, reduzindo o faturamento e permitindo que o cliente procure alternativas na concorrência.

Quadro 1: O dilema da gestão de materiais

FONTE: GASNIER (2007).

Numa reflexão sobre estas duas alternativas, pode-se perceber que uma gestão de materiais de sucesso, certamente conseguirá equilibrar com sabedoria esses dois indicadores. Mas, a situação é complexa, requer que se estudem diversas técnicas que podem ser utilizadas com este objetivo. Por isso, é importante conhecer os conceitos e funcionamento da gestão de estoques.

2.4 GESTÃO DE ESTOQUES

Estoques podem ser definidos como todos os bens e materiais mantidos por uma organização para suprir demandas futuras.

Os estoques podem ser encontrados nas formas de produto em processo, produto acabado, matéria-prima, materiais e embalagens e produtos necessários para manutenção, suprimentos de operações, entre outros. Como exemplos de estoques, uma loja de varejo acumula coisas a serem vendidas, materiais de embalagem, uma empresa de manufatura de televisor acumula componentes, matéria-prima, produtos semi-acabados, televisores acabados, materiais de limpeza, dentre outros.

Conforme postula Arozo (2007) a gestão de estoques tem reflexos diretos e significativos na eficiência operacional e nas finanças da empresa. Os indicadores mais comuns para apoiar o processo de gestão são: prazo médio de estoque, giro de estoque e lote econômico de compra (LEC). O prazo médio de estoque indica, uma média de quantos dias um elemento permanece em estoque ao longo do ano. O lote econômico de compra representa a quantidade ideal de compra, ou seja, a que proporciona o menor custo: de manutenção e de aquisição do estoque. O giro do estoque representa a velocidade com que alguns elementos se renovam na empresa.

As decisões de estoque são geridas pelos gerentes de produção. Essas decisões abrangem a quantidade de mercadorias adequadas, em que momento devem ser pedidas e como controlar o sistema.

2.5 O SISTEMA ERP (*ENTERPRISE RESOURCE PLANNING*)

Buckhout (1999) define Sistemas de Gestão Integrada ERP (*Enterprise Resource Planning*, da sigla em inglês), como sendo um conjunto de programas de computador que integra as diferentes funções da empresa para criar operações mais eficientes em áreas como montagem ou entrega de produtos; verifica-se, porém que a sua implantação tem sido problemática em todo o mundo. Nota-se nesta definição, que o ERP é mais que uma ferramenta para unir processos e informações de áreas distintas em uma organização. É uma coleção de sistemas que utiliza uma base de dados única, que atende as necessidades com rapidez e qualidade de dados, ou seja, tudo que uma empresa precisa para se manter funcionando, ou ainda, são famílias de módulos de software que compartilham uma base de dados comum que se integram e interagem entre si.

Na prática, os módulos de um sistema de gestão integrada de ERP estão conectados para apoiar processos de negócio de uma ponta a outra; selecionando, organizando, armazenando e disponibilizando as informações sobre as operações de uma empresa.

Outras definições podem ser encontradas. Para Krumbholz (2000), um sistema dito ERP tem pretensão de suportar todas as necessidades de informação para tomada de decisão gerencial de um empreendimento como um todo.

Segundo ainda Krumbholz (2000), o ERP é uma abordagem estruturada para otimização da cadeia de valor interna de uma empresa. Quando dados, tais como uma venda, entram em um determinado ponto do negócio, eles seguem um fluxo sistêmico através do software que calcula automaticamente os efeitos da transação sobre outras áreas como a produção, estoque, suprimentos, faturamento e entrada daquela venda nos registros financeiros.

O fluxo sistêmico é um conjunto de elementos dinamicamente relacionados (interação de dados) que desenvolvem uma atividade (processo) para atingir um objetivo ou propósito, operando insumos (entradas), colhidos no meio ambiente que circunda o sistema visando fornecer resultados (saídas). Cabe aqui ressaltar que, ERP é apenas uma ferramenta de gestão que proporciona inúmeros benefícios, mas que não soluciona os problemas de procedimentos da empresa. Isto implica que, se

o sistema for alimentado com dados errados, não há como exigir que ele gere informações adequadas e consistentes.

2.5.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA E APERFEIÇOAMENTO DO MRP, MRP II a ERP

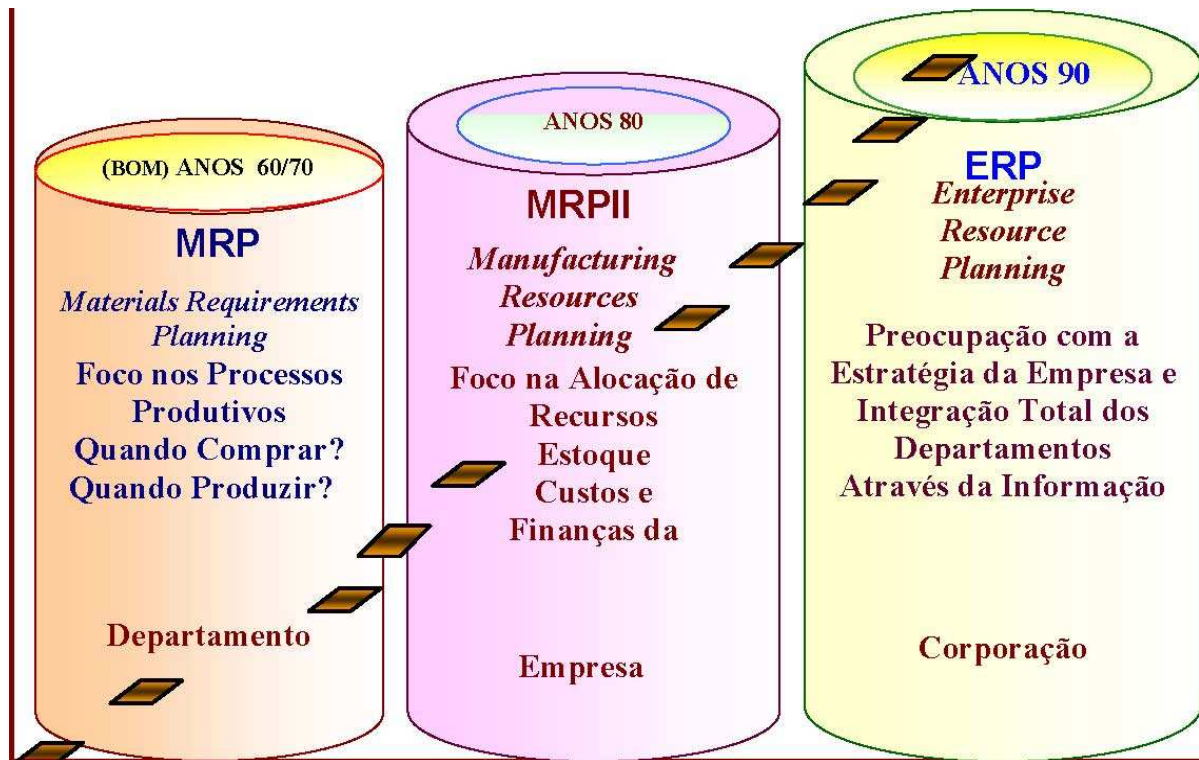


Figura 4 - Evolução e Aperfeiçoamento do ERP

Fonte: KRUMBHOLZ (2000)

Nota-se na Figura 4, que o MRP (*Material Requirements Planning*), ou “Planejamento dos Recursos de Manufatura”, são softwares que foram especificamente desenvolvidos para a indústria, que visavam manter os estoques adequados e as linhas de produção em grande atividade. A fase inicial concentra-se nos processos produtivos. Estes softwares utilizavam técnicas matemáticas ligadas ao conhecimento da engenharia de processo industrial para, através de uma demanda pré-determinada, fazer o planejamento futuro das matérias-primas e das etapas produtivas (Quando e quanto comprar de cada produto?; Quando e quanto produzir de cada produto?). Pode-se ainda notar na Figura 4, que MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) é uma evolução do MRP, adicionando uma camada de sofisticação aos cálculos básicos do MRP, mas sem mudar a estrutura

lógica básica. Além de executar funções de planejamento de produção e estoques, foram agregados a esta ferramenta, módulos que tratavam do planejamento financeiro e custos. Verifica-se também uma preocupação com a integração dos departamentos através da informação, e que o ERP nada mais é do que o resultado de toda uma evolução tecnológica e gerencial das organizações e refinamento de tecnologias de processamentos de dados mais antigas no estágio mais avançado, garantindo a total integração, automatização, não somente a produção, mas todos os departamentos da empresa através da informação-mobilidade para todos os departamentos.

Segundo Durmusoglu et al. (1996), o MRP surgiu na década de 1970 e o MRP II na década de 1980. Encontra-se também a indicação do surgimento do MRP na década de 1970 através da publicação de Orlicky (1975), (*Materials Requirements Planning*). Conforme a University of Western Sidney, o surgimento do MRP teria sido na década de 1960 e do MRP II na década de 1970. Nota-se que tanto a evolução como os surgimentos dessas ferramentas divergem entre vários autores. Estas divergências são bastante naturais, visto que o processo de evolução do MRP ao ERP está diretamente associado à evolução dos computadores, em termos de hardware e software. À medida que essa tecnologia se desenvolvia, tornava-se possível incorporar novas variáveis aos aplicativos utilizados. Esta é a visão argumentada por Corrêa (2001). Segundo o autor é impossível entender a forma atual do ERP sem estabelecer um paralelo entre sua evolução e a própria evolução dos computadores.

Na década de 60, foram disponibilizados os primeiros computadores, em termos de apoio operacional à tomada de decisão, uma das primeiras aplicações dos recém introduzidos computadores (que chegaram a ser chamado de “cérebro eletrônico”). No mesmo período, foi automatizado o tratamento das listas de materiais componentes dos produtos, isto é, a lista dos chamados materiais ou *Bill of Materials* (BOM). O movimento começou nos Estados Unidos. A automação permitiu o melhor gerenciamento do tratamento das listas de materiais que os computadores dos anos 60 já conseguiam suportar, bem como, permitiu também que se coordenasse melhor a demanda por itens com seu respectivo suprimento, em

termos de o que e quanto produzir e comprar, de forma a trabalhar com estoques menores.

Na década de 70, a evolução dos computadores possibilitou acrescentar a variável tempo às perguntas “o que” “quanto”. A resposta a “quando” produzir e comprar foi obtida a partir da inclusão do *lead time* de cada item, fazendo com que se determinasse o momento no qual as ordens deveriam ser liberadas e recebidas, ou melhor, permitia que se planejassem, não só as quantidades das ordens de produção e compras, mas também exatamente em que momentos futuros estas ordens deveriam ser liberadas e recebidas. Para tal, foi concebida a ferramenta de planejamento, o MRP (*Materials Requirements Planning*, ou planejamento de materiais). Depois de uma década de esforço concentrado, o que se colheu, ao final dos anos 80, não foram somente sucessos. Ao contrário, as empresas queixavam-se que o MRP II não estava trazendo os benefícios esperados. Nesse momento, começou a ficar claro para as empresas que o MRP II não era a solução de todos os problemas empresariais e sim, um instrumento para melhoria de processos como produção, compras ou distribuição e, se elas quisessem que a solução funcionasse, teriam que tratar a questão da implantação do MRP II como uma grande mudança organizacional com todas as implicações que uma mudança como essa traz.

Na década de 90, a palavra chave passou a ser integração. Nesta época os sistemas computacionais, incluindo as tecnologias de redes e comunicações tiveram uma evolução ainda maior. Tornou-se possível então integração das soluções MRP II desenvolvidas a outros sistemas e processos da organização, de forma a oferecer uma solução não apenas no ambiente produtivo, mas também para a organização como um todo. Logo, percebe-se a necessidade de adicionar ao MRP II outros módulos, que além de atender às demandas da manufatura, fossem além desta. Foram então acrescentados os módulos de Finanças, Logística, Produção, Gestão de RH e Vendas em conjunto com Marketing. Daí surgiram os sistemas atuais de ERP, que oferecem às empresas, não apenas uma solução que contemple informações para apoio a decisão gerencial no âmbito dos sistemas produtivos, mas que também contemple a integração interna da empresa e externa com seus fornecedores, clientes e outros parceiros de negócio.

De acordo com Deitos et al.(2002) , há empresas que conseguem e outras que não conseguem a implantação de um ERP, o comprometimento do pessoal com o sistema precisa ser gerenciado, adequado e modelado (customizado) para o sucesso de implantação.

3 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS DE SED (Sistemas a Eventos Discretos)

3.1 DEFINIÇÃO DE SED

Um conceito fundamental no estudo dos sistemas é o descrito pelo termo modelo. Conforme Kiefer (2000) , modelo é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema, segundo uma estrutura de conceitos mentais ou experimentais. Um modelo apresenta apenas uma visão ou cenário de um fragmento do todo. Normalmente, para estudar um determinado fenômeno complexo, criam-se vários modelos. Este pode ser expresso matematicamente, por símbolos ou palavras, mas essencialmente é uma descrição de entidades, processos ou atributos e as relações entre eles.

No contexto deste trabalho o estudo dos sistemas tem por objetivo a representação dos mesmos através de modelos formais que permitam descrever de forma satisfatória seu comportamento. Uma vez que este comportamento pode violar determinadas especificações comportamentais, deseja-se sintetizar e implementar leis de controle que atuem sobre o sistema de forma que seu comportamento sob a ação de controle seja o mais próximo possível do comportamento desejado, ou seja, daquele comportamento que satisfaça as referidas especificações. Pelo emprego de fundamentos teóricos e ferramentas computacionais buscou-se, ainda, analisar o comportamento do sistema de forma a verificar a satisfação de determinadas propriedades. A realização destes objetivos não depende unicamente do domínio de fundamentos teóricos e ferramentas computacionais, pois a base do processo fundamenta-se na interpretação e compreensão do sistema associado à capacidade de abstração de detalhes irrelevantes e à correta representação dos aspectos realmente relevantes.

Segundo Cassandras e Lafortune, (1999) é realizada a classificação dos sistemas em diversas categorias. Os próprios autores tornam explícito que esta classificação não é excludente, pois depende basicamente da perspectiva empregada para interpretar e compreender o sistema.

Os sistemas denominados “sistemas dinâmicos a variáveis contínuas” ou simplesmente “sistemas contínuos” caracterizam-se basicamente por dois fatores:

- i) o espaço de estados é contínuo, isto é, as variáveis do sistema podem assumir qualquer valor dentro de um determinado intervalo de variação contínuo;
- ii) o comportamento das variáveis do sistema é regido pelo tempo.

De forma geral o formalismo matemático para estudo dos sistemas contínuos se baseia em equações diferenciais ou em equações a diferença. Conforme Cassandras e Lafortune (1999) são definidos e exemplificados de forma sucinta conceitos fundamentais à teoria de sistemas. Em contraposição aos “sistemas contínuos” os sistemas denominados “sistemas dinâmicos a eventos discretos” ou da forma mais usual “sistemas a eventos discretos” (SEDs) apresentam as seguintes características:

- i) o espaço de estados é discreto, ou seja, as variáveis do sistema podem assumir valores pré-estabelecidos pertencentes a um conjunto discreto;
- ii) o comportamento das variáveis independe do tempo e é dirigido a eventos.

O termo “evento” é empregado para descrever a ocorrência, abrupta e sem duração no tempo, de um fenômeno no sistema em estudo ou no ambiente no qual o mesmo está inserido e que pode afetar o comportamento deste sistema. A cada ocorrência de um evento o sistema pode assumir um novo comportamento ou executar uma nova função, ou seja, o sistema pode assumir um novo estado. Assume-se que a cada instante de tempo só pode ocorrer um único evento.

Um instrumento elementar para descrever o comportamento de um SED cujo número de estados seja finito é através de uma tabela de transição de estados. Esta tabela relaciona o estado ao qual o sistema é conduzido caso o mesmo esteja em um determinado estado e ocorra um dado evento. Destaca-se, porém, que sob diferentes perspectivas e graus de abstração, o comportamento de um dado sistema pode ser representado através de diferentes modelos.

Para exemplificar estes conceitos no âmbito de um sistema a eventos discretos, tome-se o sistema denominado Pequena Fábrica (CURY et al., 2001) e (WONHAM, 2003) constituído de duas máquinas (M1 e M2), o qual é representado na Figura 5.

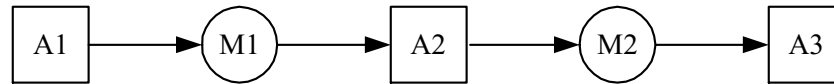


Figura 5: Pequena Fábrica

FONTE: CURY (2001) E WONHAM (2003)

A máquina M1 é alimentada de peças brutas através de um armazém inicial (A1) com capacidade infinita. Após realizar um conjunto de operações sobre uma peça, a máquina M1 deposita a mesma no armazém intermediário (A2) com capacidade para n peças. De forma similar, a máquina M2 é alimentada de peças semi-processadas através do armazém intermediário e realiza um segundo conjunto de operações sobre a peça. A máquina M2 deposita a peça processada num armazém final (A3) de capacidade infinita.

Empregando um grau de abstração mais elevado do que aquele empregado em (WONHAM, 2003) (CURY et al., 2001), (BRANDIN,1996) o sistema como um todo pode ser interpretado como apresentando dois estados {REPOUSO, OPERAÇÃO}. Nesta representação dois eventos podem ser considerados relevantes para a descrição do comportamento do mesmo. O evento representado por α corresponde à entrada do sistema em operação e o evento representado por β corresponde o retorno do sistema ao repouso.

O comportamento do sistema Pequena Fábrica, interpretado sob a perspectiva descrita acima, pode ser representado através da Tabela 1. A interpretação desta tabela é realizada, linha a linha, da seguinte forma: Estando o “sistema” no “Estado de origem” a ocorrência do “Evento” conduz o “sistema” ao “Estado de destino”. A primeira linha de dados especifica que: estando a Pequena Fábrica no estado de REPOUSO a ocorrência do evento α conduz a Pequena Fábrica ao estado de OPERAÇÃO.

Tabela 1: O primeiro modelo para pequena fábrica.

Estado de origem	Evento	Estado de destino
REPOUSO	α	OPERAÇÃO
REPOUSO	β	REPOUSO
OPERAÇÃO	α	OPERAÇÃO
OPERAÇÃO	β	REPOUSO

FONTE: CURY (2001) e WONHAM (2003).

Uma possível trajetória no espaço de estados do sistema Pequena Fábrica pode ser representada graficamente na Figura 6, a seguir.

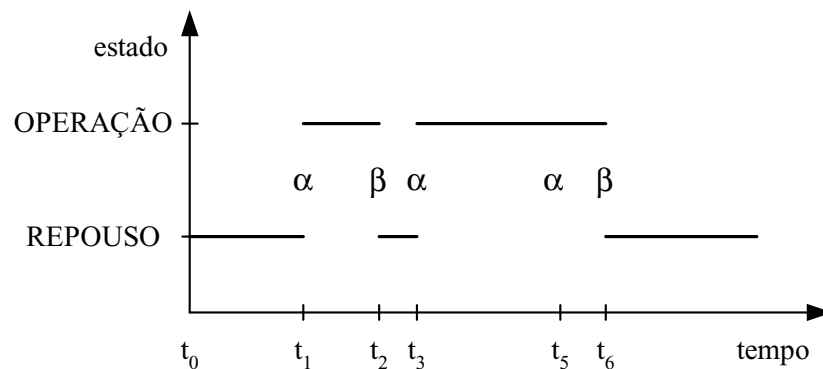


Figura 6: Trajetória no espaço de estados de Pequena Fábrica
FONTE: CURY (2001) e WONHAM (2003).

Caso seja conveniente ou necessário representar a possibilidade de operações anômalas é possível adicionar um estado, denominado QUEBRA, à representação do sistema. Assim, dois novos eventos podem ser representados. O evento representado por λ corresponde à ocorrência de um fenômeno que conduz o sistema a uma situação operacional indesejada, como por exemplo, a quebra de uma ferramenta ou a colisão de um robô manipulador. O evento representado por μ corresponde a uma confirmação por parte de um operador que a Pequena Fábrica

foi reparada. Para este grau de abstração, o modelo do sistema pode ser representado através da Tabela 2 de transição de estados.

Tabela 2: O segundo modelo para pequena fábrica.

Estado de origem	Evento	Estado de destino
REPOUSO	α	OPERAÇÃO
OPERAÇÃO	β	REPOUSO
OPERAÇÃO	λ	QUEBRA
QUEBRA	μ	REPOUSO

FONTE: CURY (2001) e WONHAM (2003).

De forma geral para um SED são válidas as seguintes observações:

- a ocorrência de eventos é assíncrona no tempo;
- o estado do sistema permanece imutável até que ocorra um evento;
- para um dado estado do sistema a ocorrência de um determinado evento não implica necessariamente na mudança de estado;

3.2 Linguagens

Define-se uma linguagem L sobre um alfabeto Σ como sendo um conjunto de cadeias ou palavras formadas por símbolos pertencentes a esse alfabeto Σ . Define-se ainda Σ^* como conjunto de todas as cadeias finitas de elementos do conjunto Σ , incluindo nele a cadeia vazia ϵ .

Conforme descrito por Cassandras e Lafortune (1999) existem algumas operações que podem ser realizadas com o conceito de linguagens, entre elas pode-se citar:

• **Concatenação:**

Considerando as linguagens L_1 e L_2 definidas como $L_1, L_2 \subseteq \Sigma$ quando:

$$L_1 L_2 = \{ s \in \Sigma \mid (s = s_1 s_2), (s_1 \in L_1) \text{ e } (s_2 \in L_2) \} \dots\dots\dots(1)$$

Dessa forma a palavra formada pela nova linguagem $L_1 L_2$ pode ser escrita como a concatenação de duas outras linguagens a L_1 concatenada com L_2 .

• **Prefixo-Fechamento:**

Considerando a linguagem formada por $L \subseteq \Sigma$ onde:

$$\bar{L} = \{ s \in \Sigma \mid \exists t \in \Sigma (st \in L) \} \dots\dots\dots(2)$$

$L \subseteq \bar{L}$ e quando $L = \bar{L}$ pode-se afirmar que a linguagem L é prefixo-fechada.

• **Fechamento Kleene:**

Considerando a linguagem formada por $L \subseteq \Sigma$ pode-se dizer que fechamento Kleene da linguagem L é dada por:

$$L^* = \{ \epsilon \} \cup L \cup L L \cup L L L \dots\dots\dots(3)$$

Com base nas operações descritas por Cassandras e Lafortune (1999), pode-se concluir que em uma determinada palavra formada por $s = tuv$, e assumindo que $t, u, v \in \Sigma$, afirma-se que:

- . t é prefixo de s ;
- . u é subcadeia de s ;
- . v sufixo de s ;

3.2.1 Representação de SEDs através de linguagens

Segundo Cassandras e Lafortune (1999) , na modelagem de um SED através de linguagens, associa-se os eventos passíveis de ocorrência a símbolos pertencentes ao Σ . O comportamento seqüencial de um SED pode ser representado através de um par de linguagens L, L_m sobre um alfabeto Σ , onde se tem:

- * Σ é formado pelo conjunto de eventos do sistema que afetam a transição do estado do sistema;
- * $L \subseteq \Sigma^*$ representa o comportamento gerado pelo sistema, ou ainda, o conjunto de todas as cadeias factíveis de ocorrerem pelo SED;
- * $L_m \subseteq L$ representa o comportamento marcado do sistema, ou ainda, é um subconjunto das cadeias pertencentes a L , na qual representa o cumprimento de determinadas tarefas.

3.3 Autômatos

Conforme descrito por Cassandras e Lafortune (1999) autômato é um dispositivo capaz de representar graficamente uma linguagem de acordo com algumas regras de concepção. A conexão entre linguagens e autômatos está nos eventos de transição entre um estado e outro de um autômato, ou seja, os eventos de transição de um determinado autômato podem ser definidos de acordo com o embasamento matemático verificado na teoria de linguagem, sendo assim, uma linguagem pode ser gerada através de $G=(\chi, \Sigma, f, x_0, \chi_m)$, onde:

- * χ é um conjunto de estados;
- * Σ é definido pelo conjuntos dos eventos associado a transição de estados entre os autômatos;
- * f é a função de transição dos estados de acordo com $f:\chi \times \Sigma \rightarrow \chi$,

- * x_0 é o estado inicial, logo $x_0 \in \chi$;
- * χ_m é o conjunto de estados marcados, lembrando que $\chi_m \in \chi$.

Verificado que um autômato pode representar graficamente uma linguagem, $L(G)$ é representada por todas as cadeias ou palavras que podem ser geradas no autômato partindo do estado inicial. A linguagem marcada $L_m(G)$ é formada por todas as cadeias ou palavras geradas partindo do estado inicial e que alcançam um determinado estado marcado. Sendo assim, conforme mencionado por Cury (2001), um SED pode ser modelado por um autômato G , em que $L(G)$ é dito como comportamento gerado pelo sistema e $L_m(G)$ é o comportamento marcado.

Um autômato G é dito acessível se todo $x \in \chi$ é acessível, formalmente tem-se que :

$$L(G) = (\chi, \Sigma, f, x_0, \chi_m) \dots \dots \dots (4)$$

Quando:

$$\chi = \{x \in \chi : \exists s \in \Sigma (f(x_0, s) = x)\} \dots \dots \dots (5)$$

Na Figura 7 (a) observa-se um exemplo da propriedade mencionada anteriormente a respeito de acessibilidade. É possível verificar que o autômato da Figura 7 (b) não é acessível devido ao estado 2 não é alcançado partindo do estado inicial.



Figura 7 (a) Autômato acessível ; (b) Autômato não acessível

Fonte : Cassandras e Lafortune (1999)

Pode-se verificar também a co-acessibilidade dos estados de um autômato através de:

$$L(G) = (\chi, \Sigma, f, x_0, \chi_m) \dots \dots \dots (6)$$

Quando:

$$L(G) = \overline{L_m(G)} \dots \dots \dots (7)$$

Um autômato G pode ser dito como co-acessível, ou ainda, como não bloqueante se for possível alcançar um estado marcado do sistema através de qualquer outro estado do mesmo através da ocorrência de alguns eventos pertencentes ao Σ , incluindo aqui a própria cadeia ϵ .

Conforme descrito por Cassandra e Lafortune (1999), existem algumas operações possíveis com relação aos autômatos, será visto aqui apenas a composição síncrona, onde para Cury (2001) a modelagem de SEDs por autômatos pode ser abordada de duas formas: uma abordagem global e uma abordagem local. Na abordagem global o sistema é analisado como um todo e procura-se um autômato que represente todas as seqüências possíveis de eventos que ele pode gerar e tarefas que pode completar. Para sistemas de maior porte, esta pode ser uma tarefa de grande complexidade. Por outro lado, muitos sistemas de interesse prático apresentam características modulares e/ou distribuídas, de modo que podem ser vistos como constituídos de diversos subsistemas, cada qual gerando certos eventos. O comportamento do sistema como um todo é determinado então pelos eventos produzidos nesses subsistemas.

A abordagem local sugere maior facilidade na obtenção de modelos de sistemas de grande porte. Além disso, permite pressupor que alterações num subsistema ou em alguma restrição somente exigirão uma mudança no modelo específico correspondente. A aplicabilidade da abordagem local para a modelagem de SEDs por autômatos é garantida pela operação de composição de autômatos, como definida a seguir.

Composição Síncrona:

Considerando os seguintes autômatos:

$$G1 = (\chi_1, \Sigma_1, f_1, x_{01}, \chi_{m1}) \dots \dots \dots (8)$$

$$G2 = (\chi_2, \Sigma_2, f_2, x_{02}, \chi_{m2}) \dots \dots \dots (9)$$

A composição síncrona entre G1 e G2 é o seguinte autômato:

$$G1 \parallel G2 = Ac(\chi_1 \times \chi_2, \Sigma_1 \cup \Sigma_2, f_{\parallel}, (x_{01}, x_{02}), \chi_{m1} \times \chi_{m2}) \dots \dots \dots (10)$$

Onde se tem que :

$$f_{\parallel}((x_1, x_2), e) = \begin{cases} (f_1(x_1, e), f_2(x_2, e)) & \text{se : } e \in \Sigma_1 \cap \Sigma_2, e \in \Sigma_1(x_1) \cup \Sigma_2(x_2) \dots (11) \\ (f_1(x_1, e), x_2) & \text{se : } e \in \Sigma_1, e \notin \Sigma_2, e \in \Sigma_1(x_1) \dots \dots \dots (12) \\ (x_1, f_2(x_2, e)) & \text{se : } e \in \Sigma_2, e \notin \Sigma_1, e \in \Sigma_2(x_2) \dots \dots \dots (13) \\ \text{Indeterminada} & \text{em caso contrário} \end{cases}$$

A definição da função de transição de estados estabelece que os eventos comuns aos dois geradores só podem ocorrer se puderem ser executados simultaneamente pelos dois geradores. Os eventos exclusivos a um determinado gerador podem ser executados sempre que possível. Assim, os geradores G_1 e G_2 estão sincronizados pelos eventos comuns. Caso o alfabeto dos dois geradores seja idêntico, então $L(G) = L(G_1) \cap L(G_2)$ e $L_m(G) = L_m(G_1) \cap L_m(G_2)$. Caso os geradores não possuam eventos em comum o gerador G representa o comportamento concorrente e assíncrono dos dois geradores.

3.4 Teoria de Controle Supervisório (TCS)

Diversas abordagens têm sido utilizadas no projeto de controle de sistemas de manufatura, destacando a Teoria de Controle Supervisório (TCS) (RAMADGE e WONHAM, 1999). Esta abordagem permite a síntese automática de controladores a partir da modelagem da dinâmica do sistema em malha aberta (modelos dos subsistemas sem nenhuma ação de controle) e na modelagem dos requisitos desejados (especificações). O modelo proposto por Ramadge e Wonham (1999) faz uma distinção clara entre o sistema a ser controlado, denominado planta, e a entidade que o controla, que recebe o nome de supervisor. A planta é um modelo que reflete o comportamento fisicamente possível dos subsistemas. Em geral, este comportamento inclui a capacidade de realizar determinadas atividades que produzam um resultado útil, sem limitar o comportamento desejado. Por exemplo, dois robôs trabalhando em uma célula de manufatura podem ter acesso a um depósito de uso comum, o que pode ser útil para passar peças de um ao outro. No entanto, cria-se com isso a possibilidade física de ocorrer um choque entre ambos, o que é, em geral, indesejável (CURY, 2001).

O papel do supervisor na TCS é, então, o de exercer uma ação de controle restritiva sobre os subsistemas, de modo a confinar seus comportamentos aqueles que correspondem a uma dada especificação. Uma vantagem deste modelo é a de permitir a síntese de supervisores, sendo estes obtidos de forma a restringir o comportamento da planta apenas o necessário para evitar que esta realize ações proibidas. Desta forma, verifica-se uma dada especificação do comportamento podendo ou não ser cumprida e, caso não possa, identificar a parte dessa especificação que pode ser implementada de forma minimamente restritiva. Um critério de aceitação pode então ser utilizado para determinar se o sistema trabalha de maneira satisfatória com a parte implementável da especificação.

3.4.1 Controlabilidade

Na TCS existem alguns elementos pertencentes ao Σ que são ditos como controláveis Σ_c e outros ditos como não controláveis Σ_{nc} , onde $\Sigma = \Sigma_c \cup \Sigma_{nc}$ e

$\Sigma_c \cap \Sigma_{nc} = \emptyset$. Em outras palavras, os eventos controláveis são todos aqueles eventos que podem ser inibidos conforme condição de controle imposta pelo projetista e eventos não controláveis são todos aqueles eventos factíveis de ocorrência, porém não pode ter nenhuma ação de controle no sentido de inibir sua ocorrência em um determinado instante de tempo. Considerando G um gerador que representa o comportamento de um sistema físico definido sobre o alfabeto Σ . A linguagem $K \subseteq \Sigma^*$ é dita como controlável em relação a $L(G)$ e Σ_{nc} , se e somente se após qualquer seqüência de eventos que pertença ao prefixo-fechamento desta linguagem ($s \in \overline{K}$) a ocorrência de um evento não-controlável ($\sigma \in \Sigma_{nc}$) que seja fisicamente possível ($s\sigma \in L(G)$) preserva a seqüência assim formada dentro do prefixo-fechamento desta linguagem ($s\sigma \in \overline{K}$). Este conceito pode ser expresso matematicamente como:

$$\overline{K \Sigma_{nc} \cap L(G)} \subseteq \overline{K} \dots \dots \dots (14)$$

3.4.2 Supervisores

Um supervisor pode ser caracterizado por $S=(E,\phi)$, onde $E=(\chi,\Sigma,f,x_0,\chi_m)$, é um autômato onde:

- * χ é um conjunto de estados;
- * Σ é definido pelo conjunto dos eventos associado a transição de estados entre os autômatos;
- * f é a função de transição dos estados de acordo com $f:\chi \times \Sigma \rightarrow \chi$,
- * x_0 é o estado inicial, logo $x_0 \in \chi$;
- * χ_m é o conjunto de estados marcados, lembrando que $\chi_m \in \chi$.

De tal forma que reconhece uma linguagem sobre o mesmo conjunto Σ de eventos de uma dada planta G e ϕ é um mapeamento entre o par (estados de E , eventos de Σ) e o conjunto {desabilitado, habilitado}. O comportamento em malha

fechada de um sistema controlado por um supervisor $S=(E, \phi)$ é representado por um autômato S / G , onde o comportamento fechado, verificado pela linguagem $L(S / G)$, permite a ocorrência de uma cadeia de eventos se esta for aceita por G e E , e se cada elemento da cadeia estiver por ϕ , a supervisão é denotado por

$$L_m(S / G) = L(S / G) \cap L_m(G) \dots \dots \dots (15)$$

Pode-se dizer que um dado supervisor S é próprio, ou não bloqueante, se para uma planta definida por G não ocorrer o bloqueio do sistema em malha fechada, ou seja, se

$$\overline{L_m(S / G)} = L(S / G) \dots \dots \dots (16)$$

3.4.3 Controle Monolítico

A TCS, formulada inicialmente por Ramadge e Wonham (2001), o SED a ser controlado é representado por uma linguagem gerada L e por uma linguagem marcada L_m . Assume ainda que a planta G é modelada por um autômato, dessa forma, as linguagens $L(G)$ e $L_m(G)$ podem conter cadeias ou palavras que possam ser indesejáveis, haja visto que pode possuir algum(s) evento(s) que violam alguma condição de controle que se deseja impor ao sistema físico. Pela junção de uma estrutura de controle é possível modificar a linguagem gerada $L(G)$ do sistema dentro de certos limites, evitando assim as cadeias indesejadas. O autômato G modela então o comportamento do SED sem nenhuma ação de controle. Para a realização do controle monolítico, o projetista de um SED visa encontrar um único controlador a fim de habilitar ou desabilitar um conjunto de eventos pertencentes ao Σ .

A ação de controle visa à modificação do comportamento do sistema a fim de realizar certas limitações físicas, operacionais, de segurança e/ou lógicas e deve ser entendida como uma restrição do comportamento a um subconjunto de $L(G)$. Para alterar o comportamento introduz-se um supervisor, denominado de S . Dentro desta abordagem, considera-se que o supervisor S , definido sobre o mesmo alfabeto Σ , interage com a planta G , onde S observa os eventos ocorridos em G e define que eventos, dentre os fisicamente possíveis de ocorrerem no estado atual, são permitidos de ocorrerem a seguir. Sob este aspecto, a forma de controle é dita

permissiva, no sentido que eventos inibidos não podem ocorrer e os autorizados não ocorrem obrigatoriamente. De acordo com a habilitação ou desabilitação de eventos, o SC(Sistema de Controle) consegue moldar a linguagem $L(G)$. O sistema deverá acompanhar a ocorrência dos eventos, onde para tal deverá possuir um único estado ativo do supervisor monolítico a cada instante de tempo e a sua evolução dar-se-á através da ocorrência de eventos de forma seqüencial. Na Figura 8 visualiza-se o funcionamento de um supervisor monolítico.

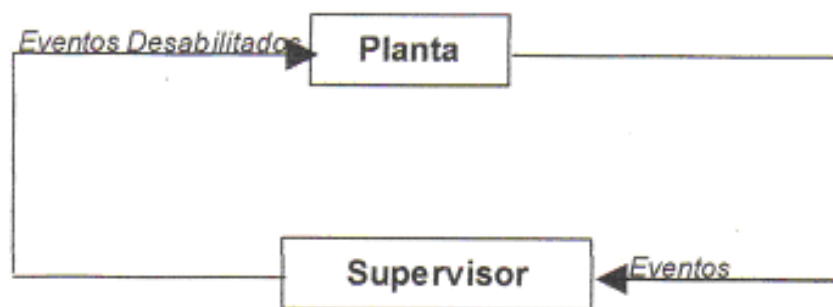


Figura 8 – Supervisor Monolítico
Fonte: Ramadge e Wonham (1999)

3.4.4 Síntese de Supervisores Monolíticos

Para a realização da síntese de um determinado controlador monolítico podem-se usar as noções de controlabilidade e de $L_m(G)$, onde uma linguagem $\bar{K} \subseteq \Sigma$ é uma linguagem controlável de $L(G)$, quando $\bar{K} \Sigma^{nc} \cap L(G) \subseteq \bar{K}$, isso pode ser traduzido como: a ocorrência de um evento controlável e fisicamente passível

de ocorrer após uma cadeia de K , mantém a seqüência no conjunto de K . Diz-se que uma linguagem K é $L_m(G)$ fechada se e somente se $K = K \cap L_m(G)$, isto é, se todos os seus prefixos que são palavras de $L_m(G)$ também forem palavras de K .

Nem sempre é possível a concepção de um supervisor que possa garantir o comportamento do sistema físico, pois pode-se desejar desabilitar eventos não controláveis, para atender uma determinada necessidade de controle, impossibilitando assim tal concepção. Quando um comportamento especificado não possa ser realizado, pode desenvolver um supervisor próprio que possa atender as especificações de forma minimamente restritiva. Neste caso, o controle monolítico objetiva sintetizar um supervisor S para uma linguagem especificada $K \subseteq \Sigma$, tal que $L_m(S/G) = \text{SupC}(K,G)$. Em contrapartida se a linguagem formada pelo $\text{SupC}(K,G)$ não for aceitável, diz-se que o problema em questão, não possui solução.

3.4.5 Modularidade

Considerando $L_1, L_2 \subseteq \Sigma^*$ pode-se afirmar que $\overline{L_1 \cap L_2} \subseteq \overline{L_1} \cap \overline{L_2}$, ou seja, o prefixo de uma cadeia comum a L_1 e L_2 também é um prefixo de L_1 e de L_2 , diz-se então que L_1 e L_2 são não conflitantes se $\overline{L_1 \cap L_2} = \overline{L_1} \cap \overline{L_2}$. Isso quer dizer que duas linguagens são ditas como modulares se e somente se toda a vez que compartilharem um dado prefixo também compartilharem uma palavra contendo esse prefixo.

3.4.6. Controle modular local

Quando um grande número de tarefas a ser executadas pelo sistema de controle, a abordagem de Ramadge e Wonham (2001) pode ter um desempenho computacional bastante desfavorável, uma vez que considera a obtenção de um único controlador que observa e atua sobre toda a planta. Uma forma de diminuir a

complexidade computacional do problema é dividir a tarefa de controle em várias sub - tarefas ou sub-rotinas que conforme observado na Figura 9, pode - se explorar a modularidade natural da planta, desta forma, Queiroz e Cury (2002) estende o modelo de Ramadge e Wonham (1999), criando assim a denominada abordagem modular local. Esta abordagem sugere uma arquitetura de controle distribuída em que cada módulo de controle atua somente sobre os subsistemas envolvidos.



Figura 9 – Funcionamento dos supervisores

Fonte : Queiroz e Cury (2002)

Na figura 10 visualiza-se a arquitetura proposta por Queiroz e Cury (2002), onde pode-se verificar a existência de alguns níveis para a concepção do Sistema de Controle (SC), representados por:

- i) Supervisores Modulares: Molda a seqüência de eventos conforme especificações imposta pelo projetista;

- ii) Sistema Produto: Responsável pelo acompanhamento da planta e criação, conforme sinais factíveis de ocorrência, dos eventos a serem enviados para os supervisores, também responsável pela criação dos comandos conforme sinal de habilitação dos supervisores;
- iii) Seqüências Operacionais: Responsável pela seqüência de tarefas a serem executadas.

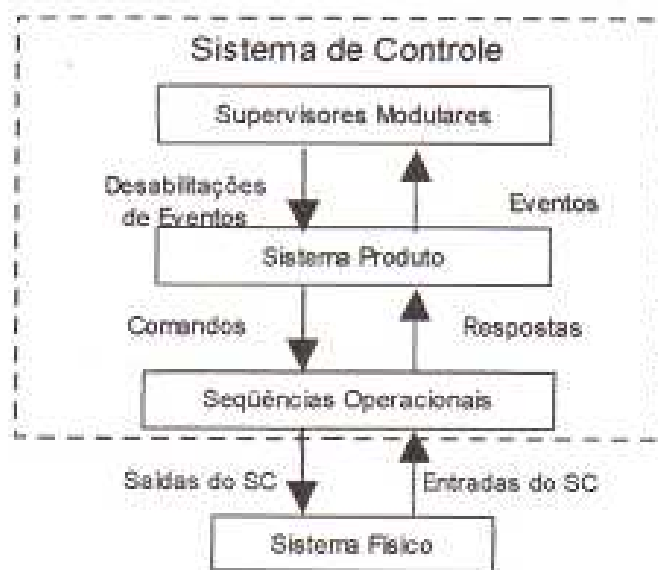


Figura 10 - Arquitetura de controle proposta por Queiroz e Cury

Fonte : Queiroz e Cury (2002)

4 ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DO SED

4.1 O FUNCIONAMENTO DA GESTÃO DE ESTOQUES DA EMPRESA

Verificou-se que não havia um controle de estoques. Neste contexto, não havia controle de fluxo de materiais, bem como o entendimento das células de fabricação e suas sub-células. Percebeu-se um descontrole total no setor, bem como uma falta de conhecimento e entendimento sobre várias etapas de fabricação e suas informações. Por sua vez, não existia PCP, não existia logística, tão pouco programação de materiais, não se utilizava nenhum sistema de integração, não conheciam o que era MRP e ERP e não era bem definido a estrutura de materiais dos produtos. Seguem detalhes dessas observações:

- a) não existia PCP, pois a empresa começou a trabalhar com entregas de três a seis sistemas de compressão de GNV mensalmente, crescendo para entregas de doze sistemas de compressão de GNV mensalmente e uma projeção futura de entregas para vinte sistemas de compressão de GNV mensalmente. Ficava difícil cuidar adequadamente dos materiais, pois a medida que cresciam as vendas e produção aumentava exponencialmente o problema com controle de materiais. O resultado, era um equívoco das necessidades de peças e serviços, também não havia fluxo de informações para produção. A inexistência de ordens de produção acarretava em transtornos como falta de controle nas atividades a serem feitas e falta de controle de materiais;
- b) problemas da logística: não havia abastecimento de materiais das células e sub-células. Todos os funcionários da empresa deslocavam-se ao estoque congestionando-o. Além disso, o estoque não tinha controle das peças e suas localizações ;
- c) programação de materiais: não existia programação de materiais para montagem dos sistemas de compressão de GNV, como a falta de controle e uma análise crítica para descarregamento e montagem do produto final no cliente;

- d) falta de integração: desconhecimento dos custos de produção, e conseqüentemente os custos de venda. Não havia interligação do setor de contabilidade e fiscal com a fábrica;
- e) falta de conhecimento do MRP, MRPII e ERP. Não havia nenhum padrão de conhecimento do estilo Ford ou Toyota ou outro qualquer;
- f) falta de especialização técnica de todas as áreas de ação da empresa. Assim, o crescimento da empresa foi por conta do crescimento do mercado de gás natural veicular. A empresa foi pioneira na construção do primeiro compressor de GNV da América Latina.

Em razão desses problemas, constatados, e para efeito desta dissertação, o foco central foi o sistema do fluxo de controle de materiais. Isto revela a importância dos estoques que abrange um número elevado de componentes, com aproximados 5.000 itens, com cada item comportando no mínimo 100 unidades. Segundo informações coletadas na empresa, os materiais adquiridos geram um impacto de 65% no custo total do produto final e obviamente, estes materiais atingem as células de fabricação e suas sub-células. Outro problema verificado foi que os encarregados das células de fabricação, por não terem especialização técnica, ocorriam dois fatos importantes que levavam na falta de controle de materiais, que são:

- 1) solicitavam peças a mais para terem estoques paralelos, não contabilizavam as mesmas e geravam sub peças montadas que também ficavam armazenada nos locais de trabalhos e não eram registrados;
- 2) ocorria muita perda de peças por manuseio, por retrabalho ou por má utilização.

Ao se fabricar um sistema de compressão de GNV, são necessários 2.500 itens e com isso, a posição de estoques continuava aumentando e oscilando, em função da evolução das demandas de vendas. Como a informação era caótica, pode-se perceber os transtornos gerados . Assim, em dezembro de 2004 até junho

de 2005 houve um crescimento de produção da empresa e conseqüentemente a aquisição de peças para serem utilizados nos produtos.

As oscilações presentes na empresa através da posição do estoque refletiram uma estrutura organizacional ineficiente. Na consulta à Stermann (2000) , pode-se ver que essa situação é um comportamento prejudicial à toda a empresa, e que a função de uma estrutura é uma parte integrante e diretamente ligada ao comportamento organizacional. Na teoria e em prática observou-se que isto se confirmou, deixando claro a necessidade de ações de melhorias imediatas para a correção desta situação.

Percebeu-se na empresa estudada que as células de fabricação de cada produto são intermitentes e independentes. Logo é necessário compreender a fabricação dos produtos da empresa de médio porte e o seu fluxo de materiais.

Para saber o que ocorria nas células de fabricação, foram analisados os fluxos de materiais e informações, obtidos em meados de julho de 2005 para cada célula de fabricação. Percebe-se durante a investigação do problema que o entendimento do todo da organização deslocou-se para um aspecto particular.

Com esta perspectiva, foi-se entender a distribuição das células de fabricação na planta fabril na empresa. Seguem observações coletadas: a célula PE comporta a montagem do produto final que é o painel elétrico(PE). Ela abrange serviços de montagem de peças nacionais e importadas, partindo de sub-montagens de peças que compõem o produto final. O processo final funciona a partir de sub-montagens e depois a montagem do produto final.

A célula DI abrange o serviço externo de mão-de-obra de um subconjunto chamado gabinete, porém os materiais do gabinete são comprados pela empresa “X” e enviados para um fornecedor para realizar a mão-de-obra. Nesta parte do processo, é feita a sub-montagem de mangueiras e depois a sub-montagem da caixa anti-explosiva que formam subprodutos que vão agregar ao produto final, mais outros componentes usados para se obter o dispenser(D).

A célula AR abrange a serviço externo de mão-de-obra de um subconjunto chamado “jaula”, porém os materiais da “jaula” são comprados pela empresa “X” e enviados para um fornecedor para realizar a mão-de-obra. Nesta parte do processo,

é feita a sub-montagem de pintura e depois agregam-se os subprodutos para a formação do produto final, por meio do qual se obtém a armazenagem(AR).

A célula CO abrange o serviço externo de mão-de-obra de um subconjunto chamado chassi, porém os materiais do chassi são comprados pela empresa "X" e enviados para um fornecedor para realizar a mão-de-obra. Nesta parte do processo, é feita a sub-montagem de pintura, do painel instrumental e da solda. Assim sendo, agregam-se os subprodutos para a formação do produto final, por meio do qual se obtém o compressor(CO). Foi observado neste ponto que a solda praticamente é uma outra célula, no qual fornece-se serviços para todas as outras células, ou seja, existe sub-montagem da solda para o painel elétrico, dispenser, armazenagem e muitos serviços de sub-montagem para o compressor.

Também , percebeu-se que não existia um planejamento de controle da produção, constatou-se que :

- a) era difícil entender o fluxo de materiais nas células de fabricação, porque não havia acompanhamento das etapas de fabricação, pois cada profissional ficava em qualquer posição, sem uma rotina pré-determinada;
- b) não havia controle de estoques de fornecedores, pela inexistência de um sistema em que ele integrasse estoque do fornecedor e a conversão do serviço no novo produto;
- c) não havia planejamento de materiais na fábrica, pois não havia um sistema de MRP ou outro que integrasse materiais e produção e ordens de produção;
- d) não havia planejamento de materiais para serviços: pela falta de um sistema, como por exemplo o ERP, que monitorasse e integrasse as informações. Também não havia uma identificação dos consumos, bem como, a estrutura de produtos, ou subprodutos deixando claro o desconhecimento do consumo correto e desperdícios para cada serviço a ser utilizado.

4.2 PLANO DE IMPLANTAÇÃO DO SED

Em razão do que foi levantado foi possível elaborar um novo sistema de integração de acordo com a estrutura organizacional da empresa “X”, propondo um processo próprio para a empresa. Antes de se iniciar o desenvolvimento do trabalho, foi feita uma organização em toda a fábrica, que contempla: elaboração de todos as estruturas de produto de cada produto e subproduto. Para isso utilizou-se dos conceitos de Adam et al. (2000) e Corrêa et al. (2001) que serviram para nortear o desenvolvimento deste trabalho, com relação as necessidades brutas de cada item em cada período, descontando-se as quantidades em estoque e as quantidades já programadas para chegar neste período, obtendo-se o valor das necessidades líquidas do item. Através da sistemática proposta por estes autores, foi organizada a Tabela 3 de dados das estruturas de produtos e a quantidade a ser programada por meio do qual, facilitou-se a programação e o controle de estoques de materiais, conforme Tabela 4.

Tabela 3: Estrutura de produtos e quantidade a ser programada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		COD		at	mp	mpt	stk	need	junho order	result	
3		1034	PARAFUSO ESTICADOR DE CORREIAS	0	0	0	0	0	0	0	
4		1034-1	PARAF CAB SEXT RT M22X2,5X330MM CL8.8 AC	0	22	10	32	26		6	
5		1034-2	PORCA SEXT FURADA M22X2,5 CL8 AC	0	0	2	2	26		-24	
6		1034-3	ARRUELA LISA 40 X 22,5 X 3MM AC	0	512	4	516	52		464	
7		1034-4	PINO ELASTICO 6 X 30MM	0	300	2	302	26		276	
8		1048	PRENSA CANO 1/4" TRIPLO-2 ROSCAS	0	194	0	194	54		140	
9		1078	VALVULA DE RETENÇÃO A PATILHO	50	0	0	50	0		50	
10		1136	FLANGE 19	0	38	72	110	33		77	
11		1138-1	FLANGE FEMEA PARA TUBO 1" CONDENSADOR n 26.1	0	26	0	26	8	30	48	
12		1138-2	FLANGE 26.2	0	18	0	18	30	90	78	
13		1154	VALVULA EXCESSO DE FLUXO 1"	10	8	0	18	11		7	
14		1155	VALVULA DE EXCESSO DE FLUXO 1/2"	0	20	0	20	2		18	
15		12003	PORTA DISPENSER AS120 SI	0	1	0	1	0		1	
16		12011-1	FRENTE GABINETE DISPENSER SI LADO DIREITO	16	8	10	34	0		34	
17		12011-2	FRENTE GABINETE DISPENSER SI LADO ESQUERDO	19	8	10	37	0		37	
18		12012	LATERAL PORTA IMPRESSORA DISPENSER SI	0	0	2	2	0		2	
19		12018	TRAVA DA FECHADURA DISPENSER AS 120 SI	0	107	0	107	18		89	
20		12019	GABINETE DISPENSER AS-120-SI FRENTE AI POLIDO	0	11	0	11	9		2	
21		12020	BASE P/DISPENSER SI	0	11	0	11	9		2	
22		12024	PORCA QUADRADA PARA FIXAÇÃO DE SENSOR	0	517	0	517	100		417	
23		12034	CONJUNTO BRACADERA DE VALVULAS	0	0	0	0	0		0	
24		12065	CONJUNTO CAIXA ANTIEXPLOSIVA DEVELCO	0	2	0	2	0		2	
25		12080	CONJUNTO ANTENA	0	20	0	20	9		11	
26		12081	CONJUNTO BASE DE ANTENA	0	0	0	0	0		0	
27		12090	CONJUNTO ESTRUTURA DE INOXIDAVEL C/CONTADOR	0	0	0	0	0		0	
28		12100	BASE DE ANTENA DE DISPENSER	0	22	0	22	0		22	
29		12101	HASTE DE ANTENA DE DISPENSER AS-120SI	0	40	0	40	0		40	

FONTE: Elaborado pelo autor.

Tabela 4: Programação de entregas.

		programação de entregas para julho 2006- REVISÃO 4																								
		seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex	seg	ter	qua	qui	sex
		3/Jul	4/Jul	5/Jul	6/Jul	7/Jul	10/Jul	11/Jul	12/Jul	13/Jul	14/Jul	17/Jul	18/Jul	19/Jul	20/Jul	21/Jul	24/Jul	25/Jul	26/Jul	27/Jul	28/Jul	31/Jul	1/Ago	2/Ago	3/Ago	4/Ago
6	produtos																									
8	1.0 Chassi																									
9	1.1 Chassi STD com cabina																									
10	1.2 Chassi STD sem cabina																									
11	1.3 Chassi baixo padrão Brasileiro																									
12	1.4 Chassi alto65 dbA																									
13	1.5 Chassi baixo padrão Argentino																									
14	1.6 Chassi baixo padrão Brasileiro (retrabalhar)																									
17	2.0 Cabina																									
18	2.1 cabina STD																									
19	2.2 cabina STD INOX																									
20	2.3 cabina STD /70																									
23	3.0 outros																									
24	3.1 armazenagem Colombia versão 1																									
25	3.2 armazenagem Colombia versão 2																									
26	3.3 armazenagem Colombia versão 1 com oarenagem																									
27	3.4 dispenser modelo D																									
28	elaborado por: JMedrano; em 05/07/2006																									
30																										

notas:
 estoque , produto já faturado

FONTE: Elaborado pelo autor.

Conseqüentemente, isso gerou um controle de custos dos produtos finais que antes não existia e também o controle do orçamento anual de despesas da empresa estudada, conforme Tabela 5. Depois de se fazer a estrutura de produtos, foi alterada a seqüência de fabricação, a seqüência de abastecimento de materiais das linhas e o fluxo de processos. Isto trouxe uma grande facilidade para os funcionários de montagem e sub-montagem das células, que não precisavam mais ir até o estoque, ir à sub-células de montagem, evitando o desperdício de tempo, melhorando os controles de tempo de fabricação, controle do acompanhamento das etapas de fabricação, permitindo-se que se visualizasse a localização correta dos materiais a serem montados ou sub-montados. A aplicação destes conceitos seguiu às normas estabelecidas por Slack et al. (2002) e Krumbholz (2000) no que concerne ao projeto em gestão de produção, projetos de produtos e serviços e ao projeto da rede de operações produtivas. Os referidos autores, argumentaram a necessidade da administração da produção em pequenas empresas utilizando-se de estratégias que permitissem que às mesmas reagissem mais prontamente conforme surgem as oportunidades ou problemas. Assim, elas podem se utilizar de recursos para mudar o estado ou a condição de algo para produzir o input e output e também, medir o desempenho de suas atividades.

A empresa “X” necessitava da implantação do ERP ; esses subsídios contribuíram para implantação do mesmo; porém observou-se que a interação do fluxo de informações nas células e sua sub células de fabricação , bem como o fluxo de materiais nas células e sub células de fabricação demandavam ações de melhorias . Com as observações feitas, o foco de abordagem inicial adotado foi gerar um sistema de controle do fluxo de materiais.

4.2.1 MELHORIAS NO CONTROLE FLUXO DE MATERIAIS

Depois de serem feitas as transformações nas células de fabricação (CO – Compressor, D – Dispenser , PE – Painel Elétrico e AR – Armazenagem) da empresa “X” , percebeu-se que houveram muitas melhorias de redução de tempo, o que abriu possibilidades de realocar mão-de-obra para outros setores.

**Tabela 5: Controle dos Custos
(Orçamento Anual)**

2005 Orçamento Anual (Jun/2005).
Ganho e Perdas (Balanço)
Moeda corrente: (3,3499 Br\$ = 1 Dolar)

REAIS	Jan/2005	Fev/2005	Mar/2005
Dias			
Unidades vendidas	34.911	34.567	27.087
Produção (unidades)	34.911	34.567	27.087
Ajustes			
11 Receita Bruta	1.239.779	1.224.456	935.379
11.1 Preço Objetivo	54.765	54.764	54.753
12 Ajuste de Vendas	(5.825)	(5.756)	(4.456)
13 Transporte de Vendas	(1.500)	(1.500)	(1.500)
14 Produto - taxas	(3.218)	(3.218)	(3.218)
15 Pis/Cofins	-	-	-
Vendas	1.384.000	1.208.748	980.958
	(1.056.580)	(1.043,621)	(799.227)
Materiais	-	-	-
21 Estoque MP	-	-	-
22 Comissão de Vendas 0,2%	2.113	2.068	1.598
23 Redução de Custos	-	-	-
24 Operações subcontratadas	-	-	-
26 Inflção (Brasil)	-	-	-
deflação (Local)	-	-	-
Novas oportunidades	-	-	-
Material Tarefas	-	-	-
Reavaliação	-	-	-
27 Unidades Defeituosas 3%	(31.700)	(31.315)	(23.977)
28 Reserva 1%	(10.567)	(10.438)	(7.992)
29 Pagamentos	-	-	-
TOTAL CUSTO DE MATERIAIS	(1.096.834)	(1.083.487)	(823.598)

FONTE: Elaborado pelo autor.

Os pontos de fixação de materiais foram melhorados favorecendo também, a ordem e a limpeza dos setores. Conseqüentemente, a ergonomia foi melhorada, porque anteriormente o funcionário não localizava os materiais, deslocando até o estoque o que gerava congestionamento e muitas vezes, misturavam-se as peças, dificultando ainda mais o controle.

A partir da determinação dos produtos finais de cada célula de fabricação , bem como os produtos finais de venda e de produção , elaborou-se a padronização

das atividades de : S – Separar , M – Montar e T – Terminar para cada sub célula e célula de fabricação. Tais melhorias no fluxo permitiram o início da modelagem pelo SED.

4.2.2 ETAPAS DEFINIDAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SED

A abordagem de desenvolvimento do sistema de controle, foi definida em três etapas a saber: modelagem, síntese e implementação até o atendimento da aplicação demandada para o sistema real, resultando no sistema automatizado e integrado. Assim sendo, foi adotada a utilização das ferramentas do SED para o sistema do controle de fluxo de materiais.

- I) Na etapa de modelagem , conforme Queiroz e Cury (2002) é viável a obtenção de uma representação por sistema produto ; por meio de :
- identificar o conjunto de subsistemas envolvidos no sistema de manufatura;
 - construir um autômato Gi de cada subsistema i envolvido de forma mais sintética possível;
 - modelar para cada especificação isoladamente, considerando apenas os eventos relevantes .

II) A etapa de síntese consiste em aplicar o procedimento de síntese proposto por Ramadge e Wonham (1999) e Queiroz e Cury (2000). A partir dos modelos selecionados , obter a planta local com sua respectiva especificação e obter os supervisores modulares sintetizados. A ferramenta GRAIL (anexo I), tem agora algoritmos desenvolvidos pelo grupo de Automação da UFSC (Cury et al., 2001) e PUCPR que tratam todo o processo de síntese de controladores baseado na abordagem de Ramadge e Wonham (1999) .

III) A etapa de implementação é gradativamente dividida em três fases: simulação, inserção das tecnologias de controle e comunicação e o acoplamento gradativo dos subsistemas. A proposta desta etapa é apresentar a arquitetura adequada para utilização do sistema de fluxo de materiais da empresa estudada.

Utilizar o software AQUARIUS para validação e o próprio ERP na base fria para simulação e depois controle e acoplamento gradativo dos subsistemas.

4.3 MODELAGEM DO SED PARA EMPRESA “X”

Conforme estrutura apresentada no anexo II. Assim sendo, a descrição do sistema elaborado na empresa “X”, no qual foi-se utilizado as ferramentas formais e síntese de SED , segue :

A identificação da peça existe um etiqueta de identificação na cor verde, no caso, material já aprovado pela qualidade, que está endereçado para depósito de matéria prima, denominado depósito MP. As peças somente podem vir do recebimento de materiais, logo são peças devolvidas pelo cliente ou peças oriundas de fornecedores. Sempre e somente existe um único caminho para peça. Também, para poder caminhar com a peça, obrigatoriamente, cada atividade encontra-se em um estoque; ou seja, é como uma identidade. Exemplo a atividade S – Separar está no estoque MP (Matéria Prima) , em outras palavras :

S - Separar = depósito MP. Também para esclarecer, o início de caminho da peça está no depósito MP logo a separação (atividade – S) está dentro do depósito MP . Porém , depósito é um estoque e separação das peças no estoque é uma atividade. Conforme capítulos anteriores, tem-se que o nosso sistema - estudo é composto por 7 subsistemas : 3 atividades e 4 armazenagens . (G1) atividade de separar (S) , (G2) atividade de montar (M) , (G3) atividade de terminar (T) , (G4) armazenagem (MP) , (G5) armazenagem (Processo) , (G6) armazenagem (Semi Acabado) e (G7) armazenagem acabado. A Figura 11 , pode esclarecer o fluxo do material ; no qual o material armazenado no depósito MP (G4) depois é separado (G1) . A seguir é transferido para o depósito de processo da montagem(G5) e conseqüentemente inicia a atividade de montar(G2). A seguir é transferido para o depósito semi acabado(G6) e conseqüentemente inicia a atividade de terminação(G3) e por fim transferido para armazenagem acabado (G7) . São geradas três especificações de funcionamento dos estoques em função das atividades (E1,E2 e E3). Os modelos

são gerados os sete subsistemas .(G1,G2,G3,G4,G5,G6 e G7). As figuras 12 a 21; mostra os modelos e especificações gerados.

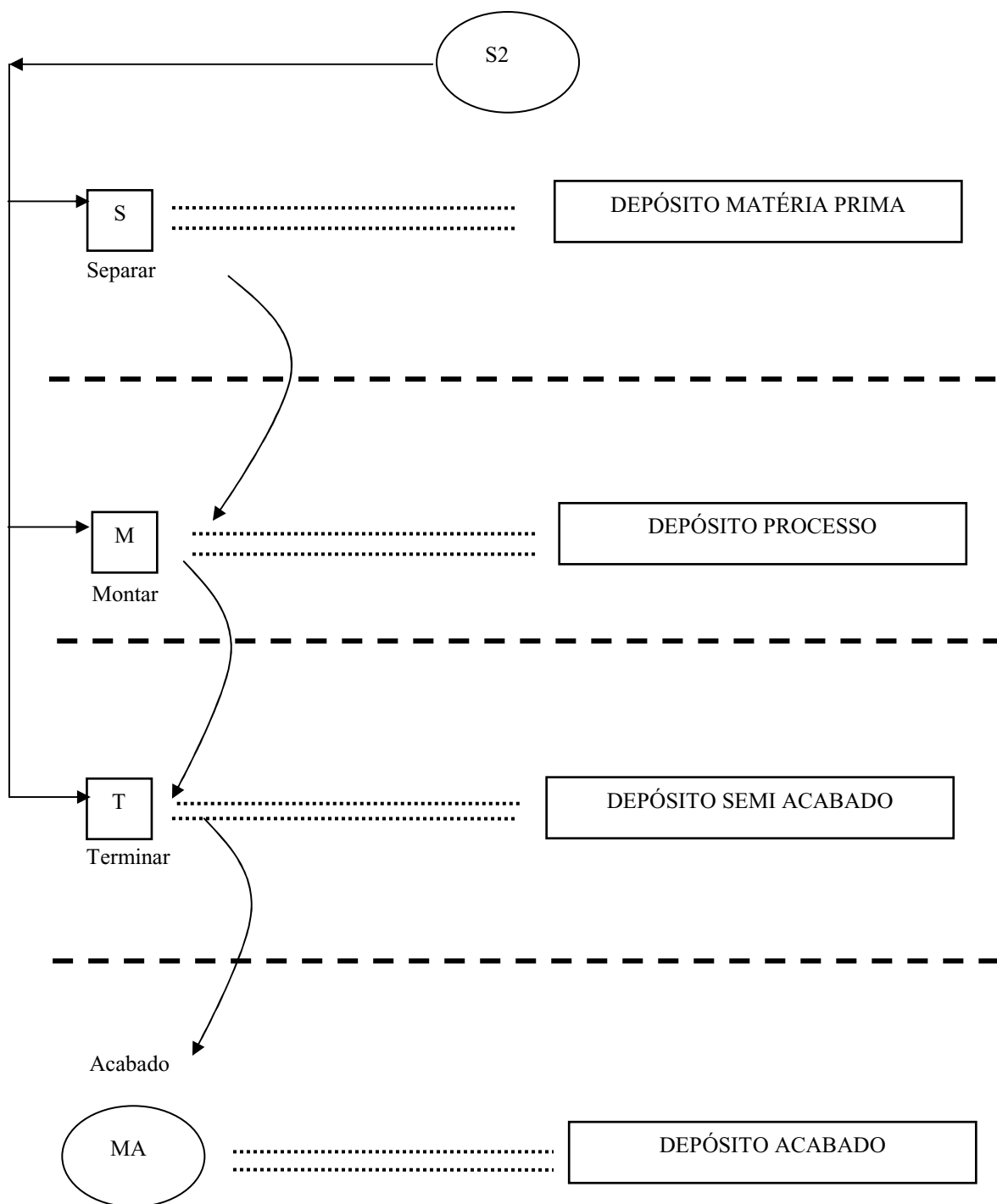
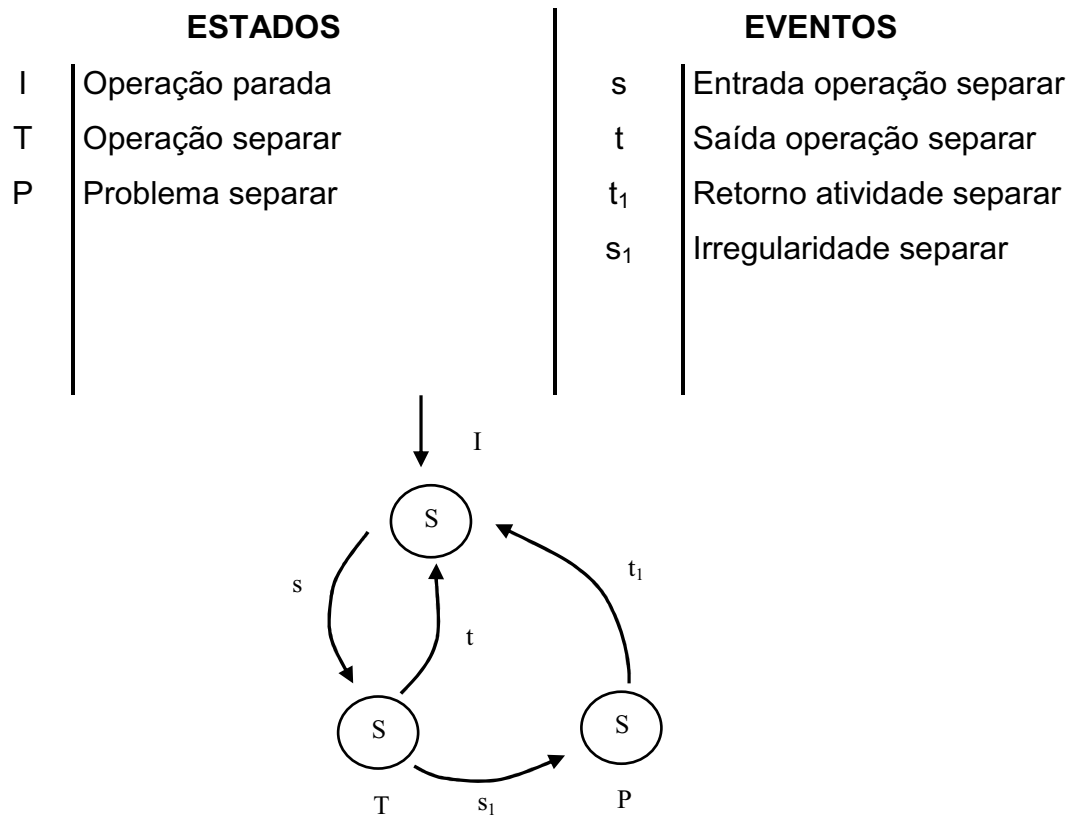


Figura 11 : Sistema do Fluxo dos materiais – Sub célula

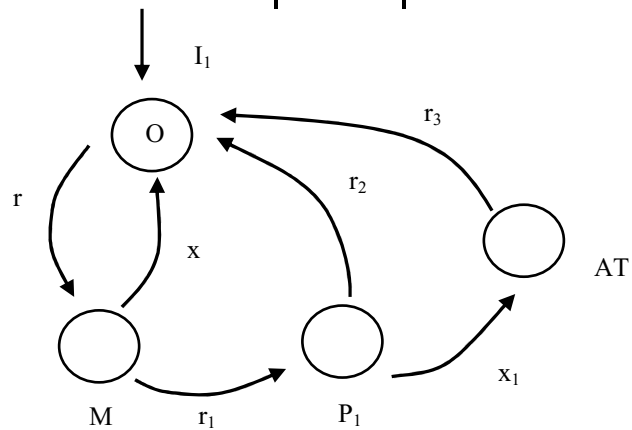
Fonte : Elaborado para empresa “X”

MODELO - SEPARAR**Figura 12 : Modelo SED - Separar****Fonte : Elaborado para empresa "X"**

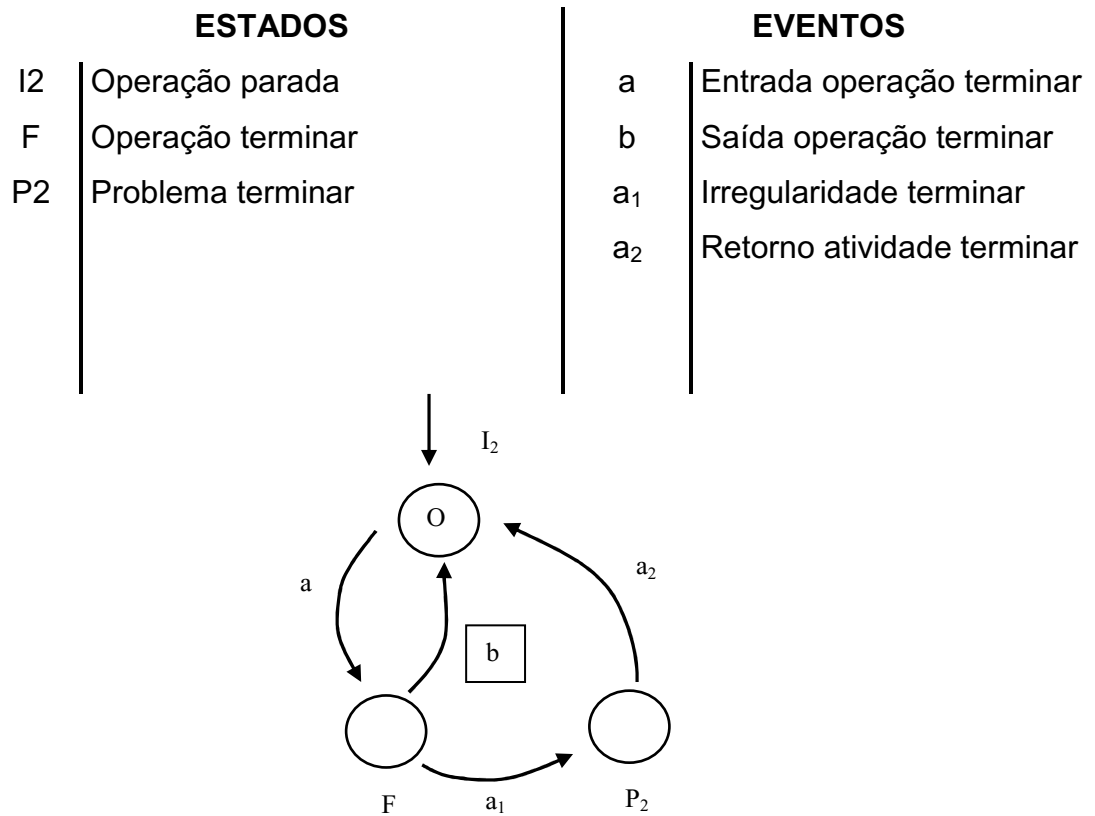
A figura 12 mostra o modelo do subsistema (G1) – atividade Separar.

MODELO - MONTAR

ESTADOS		EVENTOS	
I1	Operação parada	r	Entrada operação montar
M	Operação montar	x	Saída operação montar
P1	Problema montar	r ₁	Irregularidade montar
AT	Problema – Atenção/Material	x ₁	Irreg. afeta material
		r ₂	Retorno atividade montar
		r ₃	Retorno atividade montar

**Figura 13 : Modelo SED - Montar****Fonte : Elaborado para empresa "X"**

A figura 13 mostra o modelo do subsistema (G2) – atividade Montar.

MODELO - TERMINAR**Figura 14 : Modelo SED - Terminar****Fonte : Elaborado para empresa "X"**

A figura 14 mostra o modelo do subsistema (G3) – atividade Terminar.

MODELO - ACABADO

ESTADOS		EVENTOS	
I3	Operação parada	c	Entr. operação acabado
W	Operação acabado	e	Saída operação acabado
H	Problema acabado	h	Irregularidade acabado
		h ₁	Retorno atividade acabado

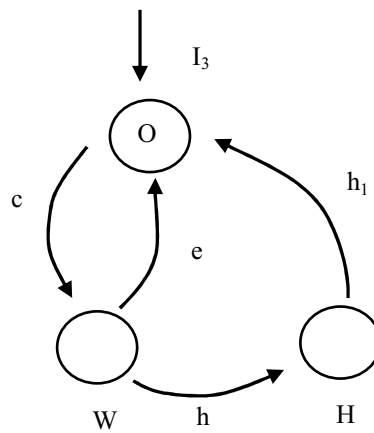


Figura 15 : Modelo SED - Acabado
Fonte : Elaborado para empresa "X"

A figura 15 mostra o modelo do subsistema (G7) – estoque Acabado.

MODELO - DEPÓSITO PROCESSO

ESTADOS			EVENTOS	
V	Depósito vazio		t	Operação fim de “separar”
C	Depósito cheio		a	Oper. início de “terminar”

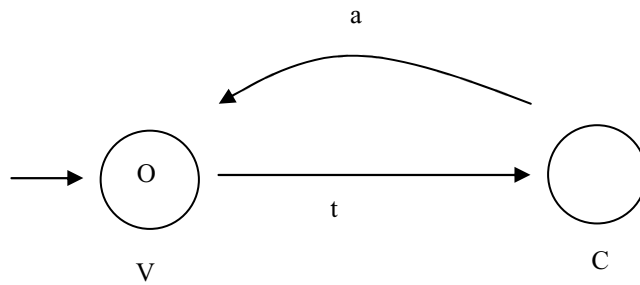


Figura 16 : Depósito Processo
Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 16 mostra o modelo do subsistema (G5) – estoque Processo.

MODELO - DEPÓSITO SEMI ACABADO

ESTADOS	EVENTOS
V1 Depósito vazio	x Operação fim de “montar”
C1 Depósito cheio	c Oper. início de “acabado”

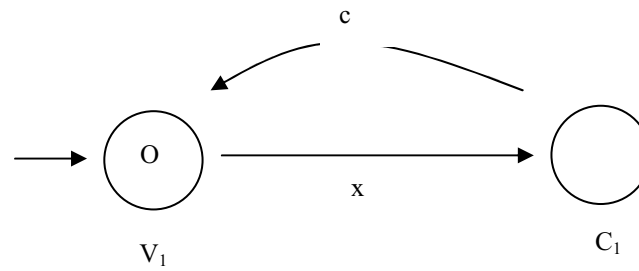


Figura 17 : Depósito Semi Acabado
Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 17 mostra o modelo do subsistema (G6) – estoque Semi acabado.

MODELO - DEPÓSITO MATÉRIA PRIMA (MP)

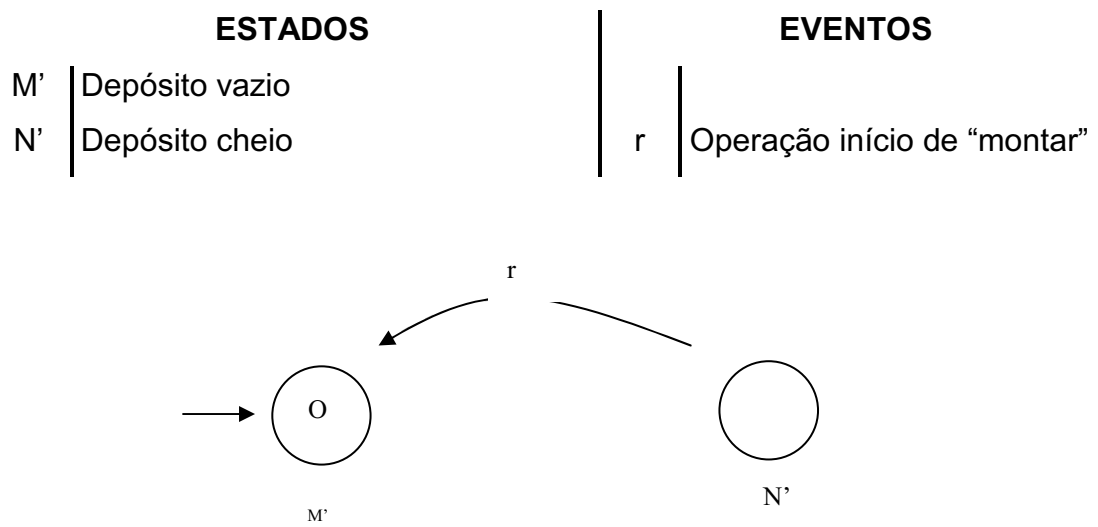


Figura 18 : Depósito Matéria Prima
Fonte : Elaborado para empresa "X"

A figura 18 mostra o modelo do subsistema (G4) – estoque Matéria Prima.

ESPECIFICAÇÃO PARADA – ATIVIDADE SEPARAR / MONTAR

ESTADOS		EVENTOS	
KB	Atividade montar – ok	r_2, r_3	Retorna problema montar
BK	Atividade montar - ñok	r_1	Parada montar
		t_1	Retorna problema separar

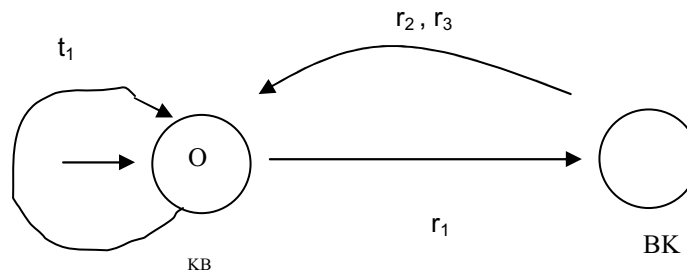


Figura 19 : Parada – Separar / Montar
Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 19 mostra especificação(E1) de funcionamento do estoque na interface Separar/Montar.

ESPECIFICAÇÃO PARADA – ATIVIDADE MONTAR / TERMINAR

ESTADOS		EVENTOS	
KB'	Atividade terminar – ok	a ₂	Retorna problema terminar
BK'	Atividade terminar - ãok	a ₁	Parada terminar
		r ₂ , r ₃	Retorna problema montar

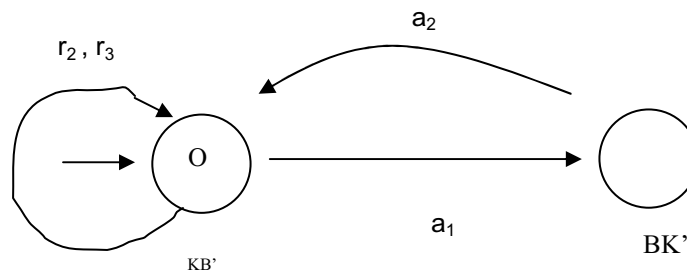


Figura 20 : Parada – Montar / Terminar
Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 20 mostra especificação(E2) de funcionamento do estoque na interface Montar/Terminar.

ESPECIFICAÇÃO PARADA – ATIVIDADE TERMINAR / ACABADO

ESTADOS		EVENTOS	
KB''	Atividade acabado – ok	h ₁	Retorna problema acabado
BK''	Atividade acabado - ãok	h	Parada acabado
		a ₂	Retorna problema terminar

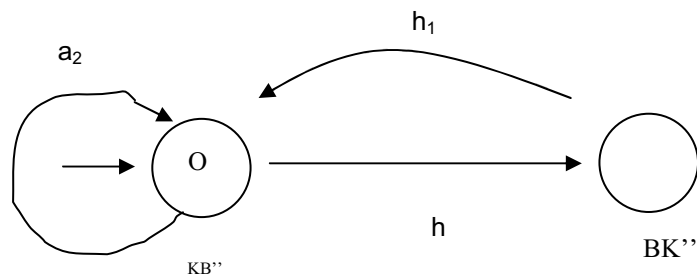


Figura 21 : Parada – Terminar / Acabado
Fonte : Elaborado para empresa "X"

A figura 21 mostra especificação(E3) de funcionamento do estoque na interface Terminar/Acabado.

4.4 SÍNTESE DO MODELO SED

Seguindo a teoria do controle supervisorio citada no capítulo anterior segue-se o procedimento na obtenção da planta local , a especificação local e o supervisor máximo controlável (otimizado) . Existem três especificações , logo teremos três supervisores que estão compostos da seguinte maneira : $S1 = (G1//G4//G2) // E1$; $S2 = (G2//G5//G3)//E2$ e $S3 = (G3//G6//G7)//E3$. As Figuras 22 a 24 ; mostra os resultados obtidos .

Supervisório S1 - SEPARAR – DEPÓSITO MP - MONTAR

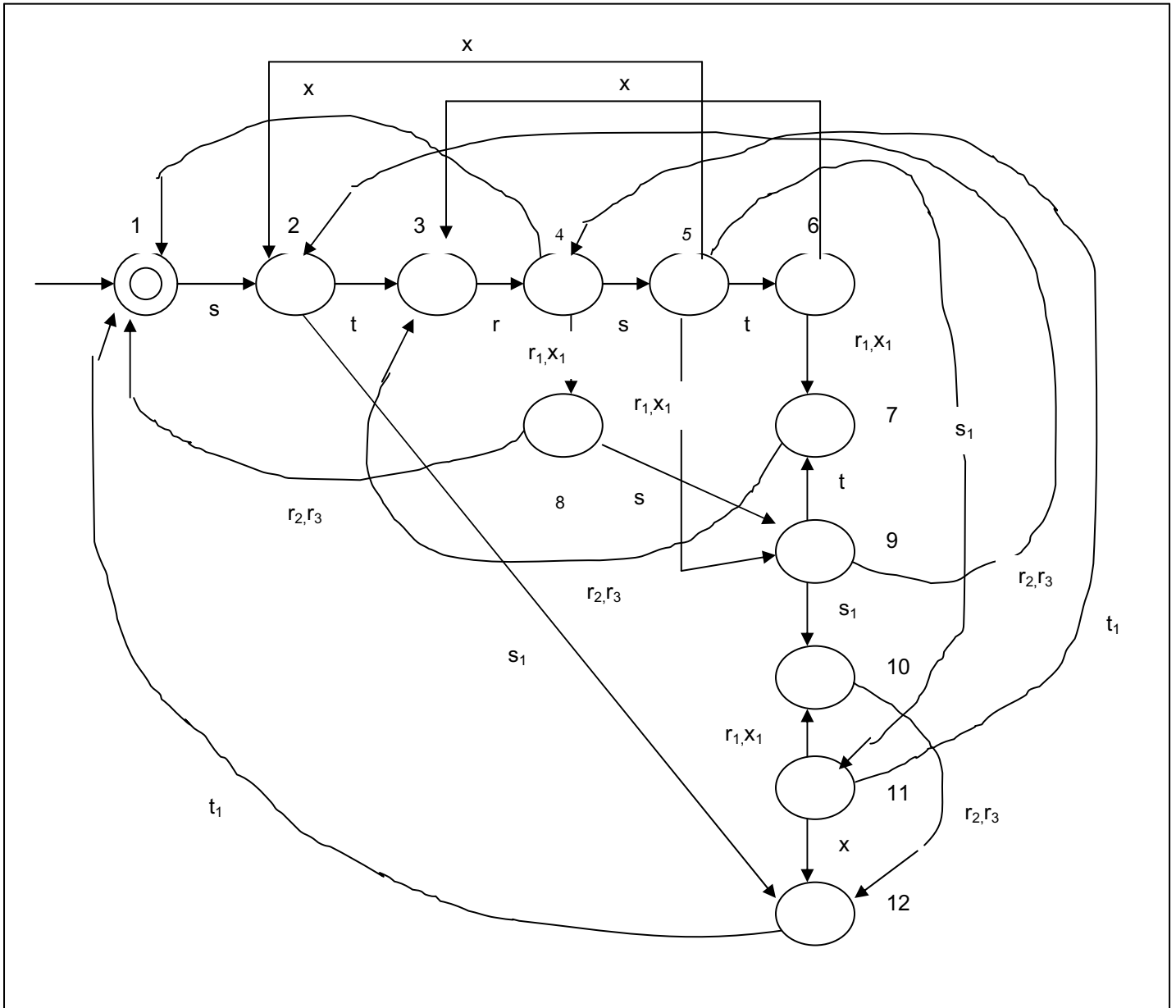


Figura 22: Supervisório Modular e otimizado – (S1)

Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 22 mostra o Supervisório(S1) gerado na interface do depósito matéria prima (MP) e as atividades Separar e Montar.

Supervisorio S3 - TERMINAR – DEPÓSITO SEMI ACABADO - ACABADO

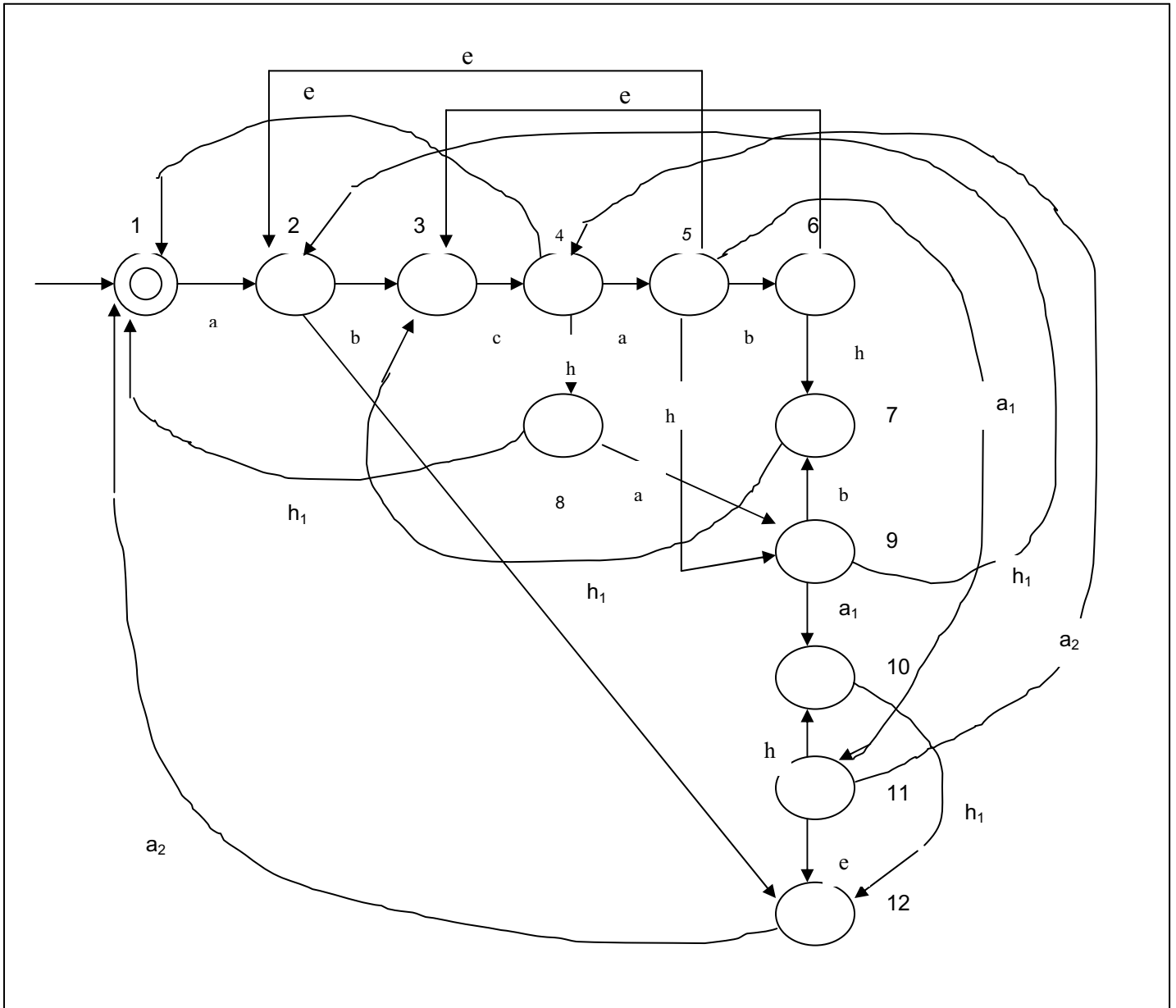


Figura 24: Supervisorio Modular e otimizado – (S3)
Fonte : Elaborado para empresa “X”

A figura 24 mostra o Supervisorio(S3) gerado na interface do depósito semi acabado e as atividades Terminar e Acabado.

Observando a Figura 22, nota-se que após a interação entre os modelos das Figuras 12, 13, 18 e 19 obtém-se o Supervisório. Foi gerado 12 estados e percebe-se que a atividade r (entrada operação montar) ocorre uma única vez revelando que esta atividade pode quebrar o seqüenciamento de atividades, bem como que as atividades x (saída de operação montar), t (operação fim de separar), s (entrada de operação separar) e s1 (irregularidades em separar) têm muita influência nos comandos do supervisório gerado. Logo a atividade Separar e Montar tem impacto significativo nos procedimentos operacionais nas células de fabricação. Também observa-se que as atividades t1 (retorno da atividade separar) e r2, r3 (retorno problema de montar) requer muita atenção, pois existe possibilidade de reiniciar todas as operações; logo descontrole de peças já movimentadas do estoque de matéria prima e do estoque de processo.

Para adequar o supervisório fez-se a adequação dos mesmos em uma proposta de arquitetura para desenvolvimento de análise estruturado para ERP a ser customizado. A Figura 25 apresenta esta proposta, o estado físico teremos supervisórios intermediários para as atividades de Separar, Montar e Terminar que estão correlacionados respectivamente com o estoque de Matéria Prima, Processo e Terminado. Para as seqüências operacionais tem-se um supervisório para cada sub-célula da célula de fabricação. Neste caso, como mostra a figura abaixo, a sub-célula em questão é S2 e a célula de fabricação é D. Neste interligação modular faz-se o fechamento da célula de fabricação D para o supervisório do ERP a ser customizado através dos módulos Chão de Fábrica e Planejamento das ordens de produção (OP's). Fez-se a adequação de formatação no ERP customizado, no caso adotado pela empresa "X" o ERP Sapiens, mostrado na figura 26. Também necessita-se realizar a confiabilidade de conexão entre o modelo proposto e o sistema ERP. Então realizou-se esta conexão com o software AQUARIUS da G&E para validação.

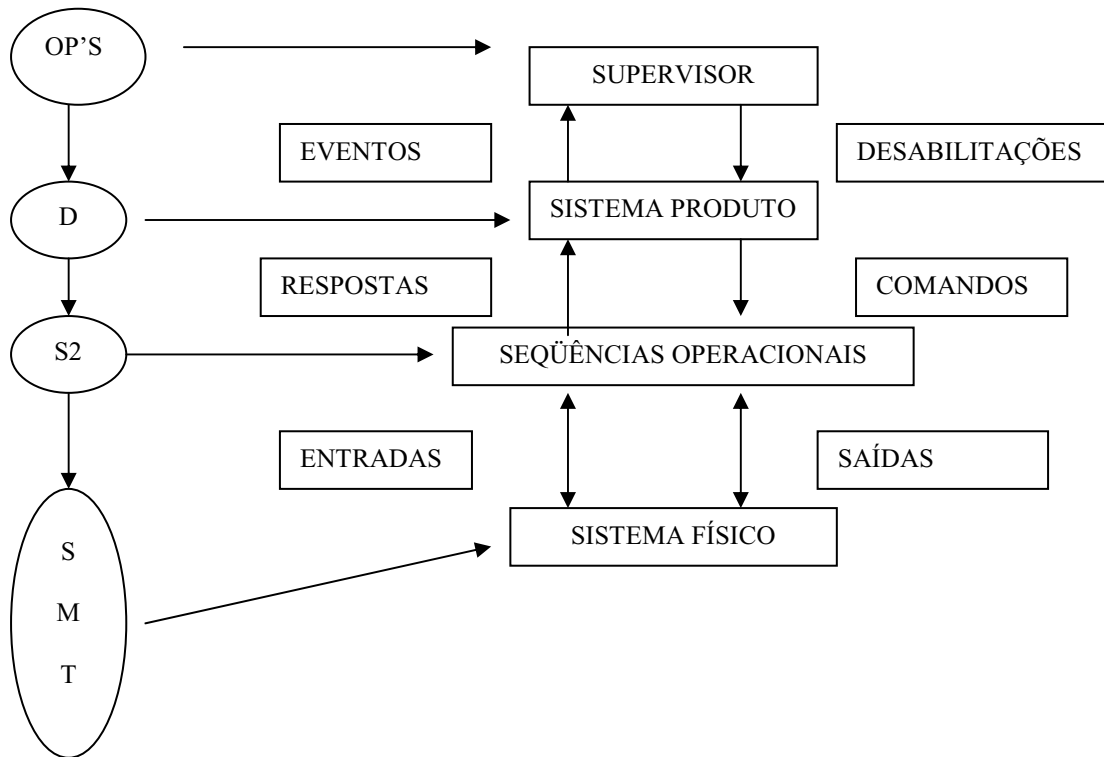


Figura 25 : Proposta de arquitetura de implementação x EMPRESA "X"
Fonte : Queiroz e Cury (2002)

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DO SED

4.5.1 Programa AQUARIUS

Antes de iniciar a utilização do programa AQUARIUS da G&E, foi adotado um apoio computacional da Ventana System, disponível no laboratório de automação na PUCPR, no qual pode-se modelar a arquitetura desejada e verificar as interfaces de atividades orientadas a eventos. A Figura 27 mostra a utilização deste programa. Neste programa, as atividades e mudanças de estados mostram as influências e perspectivas de situações em máxima, mínima e de quebra das atividades planejadas. Conforme Stermann (2000) mostra que o comportamento é função de uma estrutura, a modelagem utilizando os recursos do apoio computacional da Vensim mostra as relações previamente para a simulação e validação.

Produção - Acompanhamento de Produção

Data De Até Prev: 00/00/0000 00/00/0000 Prod./Dem: (*)

Data De Até Real: 00/00/0000 00/00/0000 Fila/Pedido: 0 0

Or.De.Até.Monto O.P.: 00/00/0000 00/00/0000 Item Prod.(+)/kg: Prod.

Período/Origem: AAR St. O.P.(+)/Tipo

Familia O.P.(+) Cliente(+)

Seleção, Mostrar, Cancelar, Ajuda, Salvar

H AAR																						
Dados Gerais			Qtd. O.P.		Estágio		Opções		Componentes		Quais		Movtos. O.P.		Dejetos		Serviços		Moyts. Ent. Estq.		Dem./Rel. Serviços	
O.P.	Item	Faixa	Propoz.	Estágio	Abreviatura	Opção	Situação	Horas Prev.	Dias (+ T. Fnc)	Dt. Piv. Ini.	Dt. Piv. Fm.											
74	0			2011	SepAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
75	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Andamento	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007											
76	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007											
77	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
78	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
79	0			2011	SepAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007											
80	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Andamento	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007											
81	0			2011	SepAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007											
	0			2021	MonAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007											
	0			2031	TerAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007											
82	0			2011	SepAmSer	1	Explodda Planejada	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007											

Figura 26. Aplicação e simulação do conceito de SED em um ERP customizado.

Fonte – Elaborada para empresa “X”.

A Figura 26 mostra a aplicação e simulação do conceito de SED no ERP customizado . Mostra no campo Abreviatura, SepAmSer (Separar), MontAMSer (Montar) e TeAmSer (Terminar), no qual são respectivamente a aplicação de modelagem elaborada em SED aplicada no ERP.

A Figura 28 mostra *loops e feedbacks* de ação e resposta , gerando subsídios para a utilização do programa AQUARIUS da G&E . O software AQUARIUS da G&E foi utilizado às instalações do laboratório da PUCPR para caracterização, modelagem e simulação.

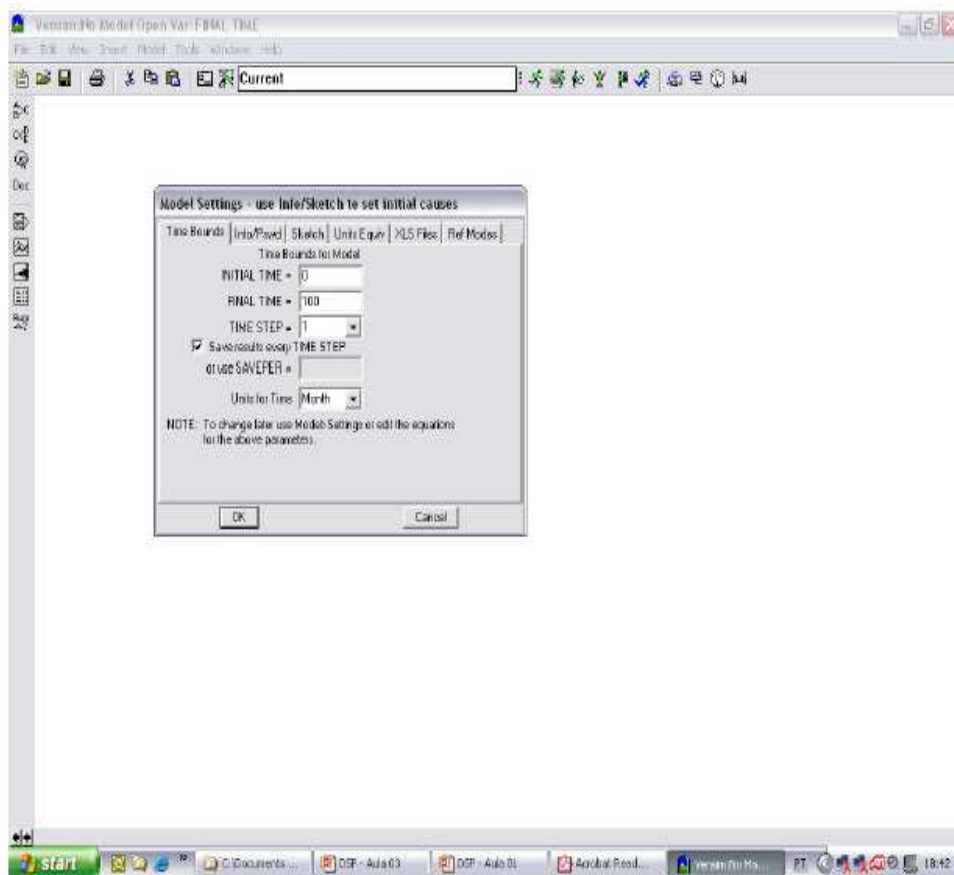


Figura 27: Apoio computacional Vensim – Orientado a eventos
Fonte: Ventana System (2005)

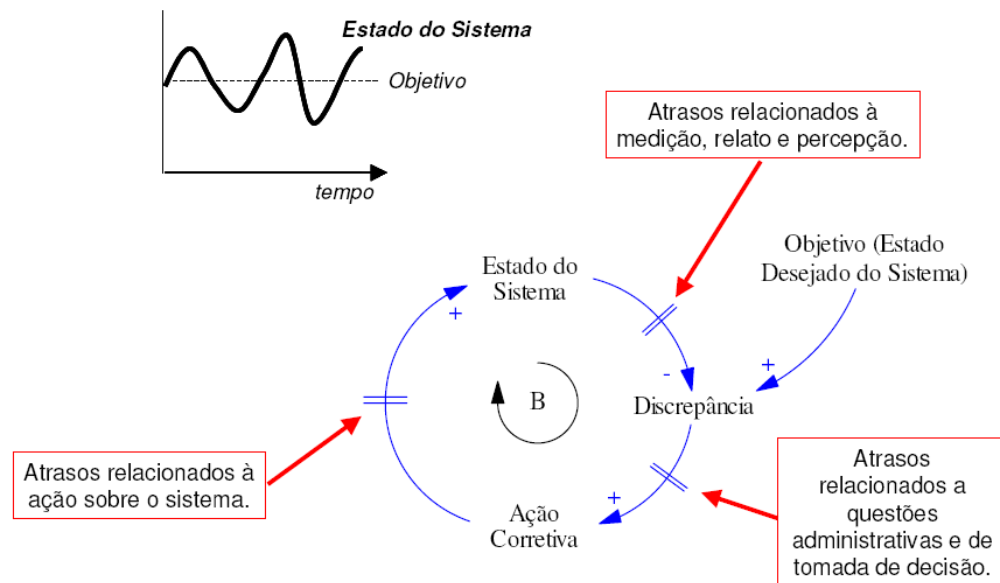


Figura 28: Apoio computacional Vensim – *Loops e Feedbacks*
Fonte: Ventana System (2005)

A partir do fluxo de materiais, conforme Figura 11 e associada a proposta de arquitetura conforme Figura 25, iniciou – se a confirmação desta proposta no software AQUARIUS da G&E que consegue simular modelos propostos com base de negócios de uma empresa. Foi construído os modelos no software e constatou que era possível realizar tal simulação em um software de base de negócios, no caso o ERP. Mostrou que é possível gerar arquivos de eventos em uma base de dados relacional, também é possível visualizar série de dados no tempo , como um banco de dados históricos (Historiador) e pode gerar relatórios de tempo de parada de máquina e/ou se a mesma está em operações ou se está em quebra, conforme projeto na modelagem em SED . A Figura 29 e 30 mostram o início da arquitetura e a modelagem formatada para eventos.

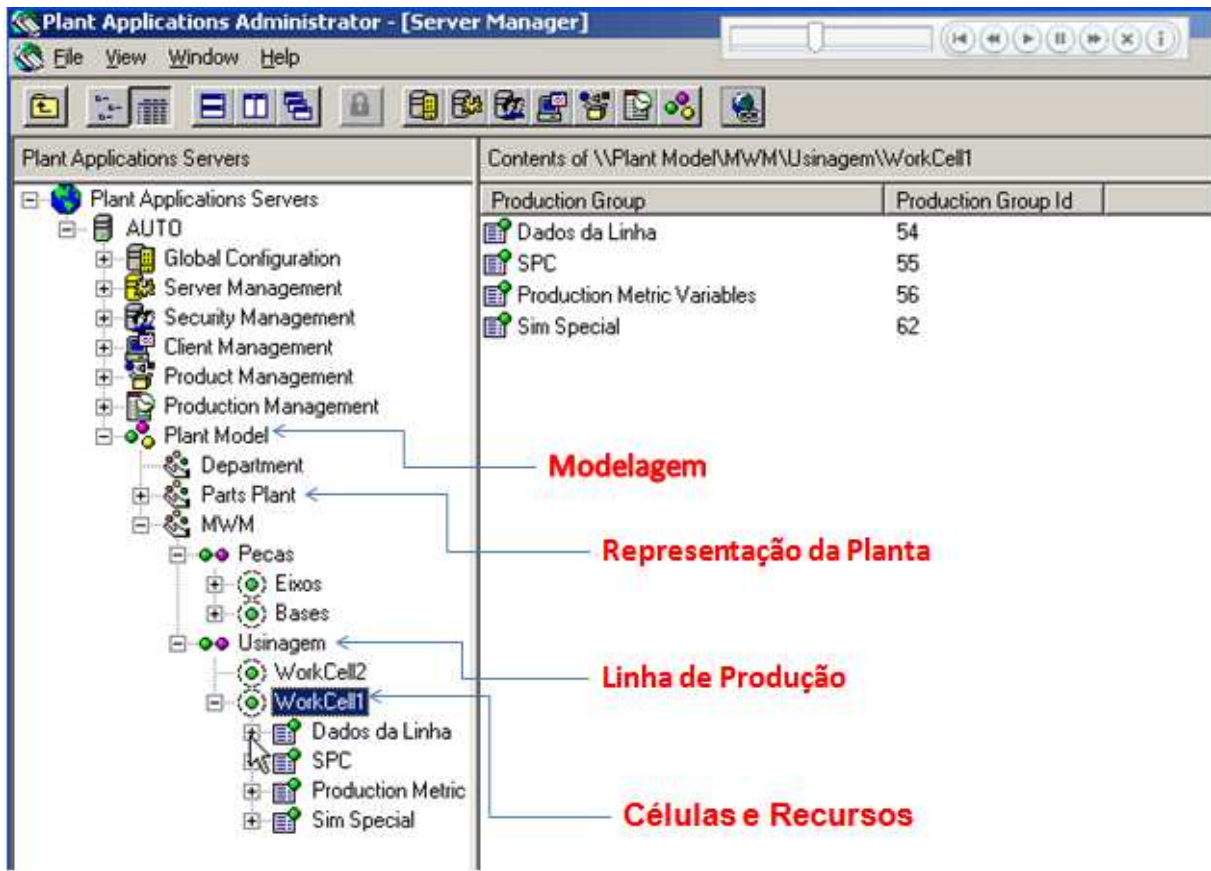


Figura 29 – Aplicação de Modelagem e Arquitetura para célula de Usinagem/Solda

Fonte: AQUARIUS – G&E (2008) e Empresa “X” .

A Figura 29 mostra os passos de acesso no software AQUARIUS da G&E.

Row Modified	Variable	Variable Alias	Data Source Write Group	Data Source	Data Quality Comparison Type	Data Quality Comparison Value	Event Type	Event Sub Type	Event Dimension
Yes	Maquina1.PressaoAr		<none>	Historian			Production Event	Assembly	
Yes	Maquina1.TempoCiclo		<none>	Historian			Time	Assembly	
Yes	Maquina2.PressaoAr		<none>	Historian			Production Event	Assembly	
Yes	Maquina2.TempoCiclo		<none>	Historian			Downtime	Assembly	
Yes	Maquina3.PressaoAr		<none>	Historian			Waste	Assembly	
Yes	Maquina3.TempoCiclo		<none>	Historian			Product Change	Assembly	
Yes	Maquina4.PressaoAr		<none>	Historian			Product/Time	Assembly	
Yes	Maquina4.TempoCiclo		<none>	Historian			Input Genealogy	Assembly	
Yes	Maquina5.PressaoAr		<none>	Historian			Process Order	Assembly	
Yes	Maquina5.TempoCiclo		<none>	Historian			Uptime	Assembly	
							Process Order/Time	Assembly	
							Production Event	Assembly	

Periodicidade de Obtenção dos Dados temporal, por evento,....

Figura 30 – Aplicação de Modelagem e Arquitetura para célula Usinagem/Solda
Fonte: AQUARIUS – G&E (2008) e Empresa “X” .

A Figura 30 mostra os parâmetros de controle por evento para configuração do software conforme modelado e sintetizado.

5 RESULTADOS

Com a customização estruturada de um ERP e a proposta de arquitetura, foi feita a consolidação dos experimentos na base fria (modo demonstração) em uma sub célula ; realizou-se na fase implementação em base quente e observou-se os seguintes resultados :

- revelou retrabalho intenso ;
- mostrou falha na previsão da demanda ;
- revelou falha de treinamento de alguns operadores ;
- revelou estoques intermediários não contabilizados ;
- evidenciou o controle de materiais, estoques , fiscal e de custo das operações;
- revelou problemas com aspecto comportamental dos colaboradores da empresa quanto às mudanças, gerando reações extremas de corte dos cabos de conexões de energia elétrica e de rede.
- A planta controlada no seu comportamento percebeu que o padrão observado não viola as especificações consideradas, e não sofreu nenhum bloqueio como era garantido pela teoria.
- O trabalho executado inclui os seguintes passos:
 - A integração do sistema de controle industrial dentro da célula industrial;
 - Desenvolvimento de argumento de problema;
 - Modelagem da célula;
 - Modelagem de especificação;
 - O supervisor e controle da síntese de norma;
 - Programação de sistema operacional do ERP;
- Levou aproximadamente doze meses para que as pessoas não familiarizadas com a mudança se acostumassem ao trabalho.
- Os resultados atuais mostram que a supervisão controla a abordagem de desenvolvimento do sistema apresentado e é aplicável para sistemas relativamente complexos, aplicados principalmente no módulo chão de fábrica do ERP customizado (mais de 300 entradas e aproximadamente 300 estados).
- A Figura 31 mostra a arquitetura física dos computadores para entrada e saída de dados nas células e sub células de fabricação, no qual mostra a disposição dos cabos alimentadores para o servidor e a informações para ERP.

- A estrutura desenhada para empresa “X”, encontra-se no anexo II.
- O ERP adotado pela empresa “X” é o Sapiens, no qual foi customizado com apoio dos profissionais especializados da empresa Senior Sistemas.
- Após inventário, em julho/2005; o valor do estoque de matéria prima era de R\$ 25.847.759,21.
- Conforme Figura 32; em julho/2006, o valor do estoque de matéria prima era de R\$ 8.723.569,44 (mesmo nível de produção de julho/2005).. Também, mostra a nova gestão de controle de estoques e de materiais (mesmo nível de produção de julho/2005).
- Durante os testes em base fria do ERP revelou necessidades de ajustes no lead time de itens importados, nas necessidades agrupadas de quantidades a solicitar para aquisição ou quantidade mínima dos itens normalizados como parafusos, porcas e arruelas, também tabelas de componentes inadequados para determinados grupos de equipamentos/máquinas.
- Durante a base quente, inicialmente, houve muito desgaste com a questão de procedimentos, questão de comportamento às mudanças, falta de habilidade gerencial com relação as definições de atividades, responsabilidades e funções e falha de conexões do servidor com a rede . Com o passar do tempo, o funcionamento do sistema ocorreu bem e satisfatório.
- A Figura 33 mostra a evolução da produção após a implantação do novo sistema, gerando uma nova gestão de pessoas, recursos, área útil de trabalho e melhoria nos custos de fabricação.
- A Figura 34 mostra a evolução do escoamento de produtos acabados na expedição, gerado pela melhoria da quantidade produzida. Revelou uma mudança de comportamento na equipe da expedição, revelou ociosidade e espírito de equipe. Também uma melhoria na organização seqüenciada de tarefas devido a diminuição de falta de peças e/ou retrabalhos nos produtos acabados.
- A Figura 35 mostra o fluxo de materiais e pessoas em 2004, uma condição insatisfatória; porém a figura 36 mostra uma evolução na organização do layout e fluxo de materiais e pessoas em condições satisfatórias, no qual houve melhoria na produtividade, nos custos e na gestão de pessoas.

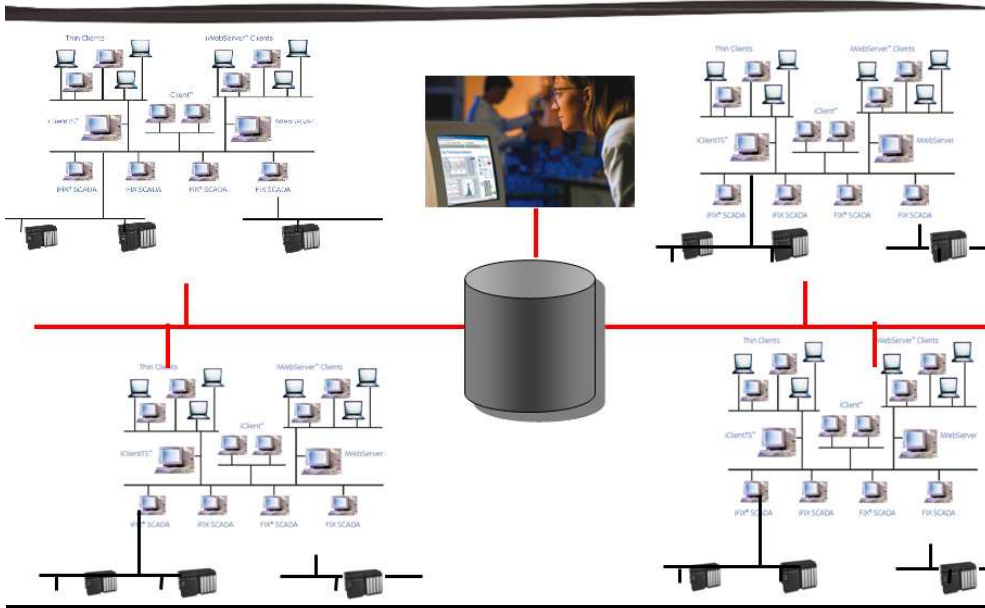


Figura 31 – Arquitetura física para coleta de dados nas células e sub células
Fonte: Elaborado para empresa “X”.

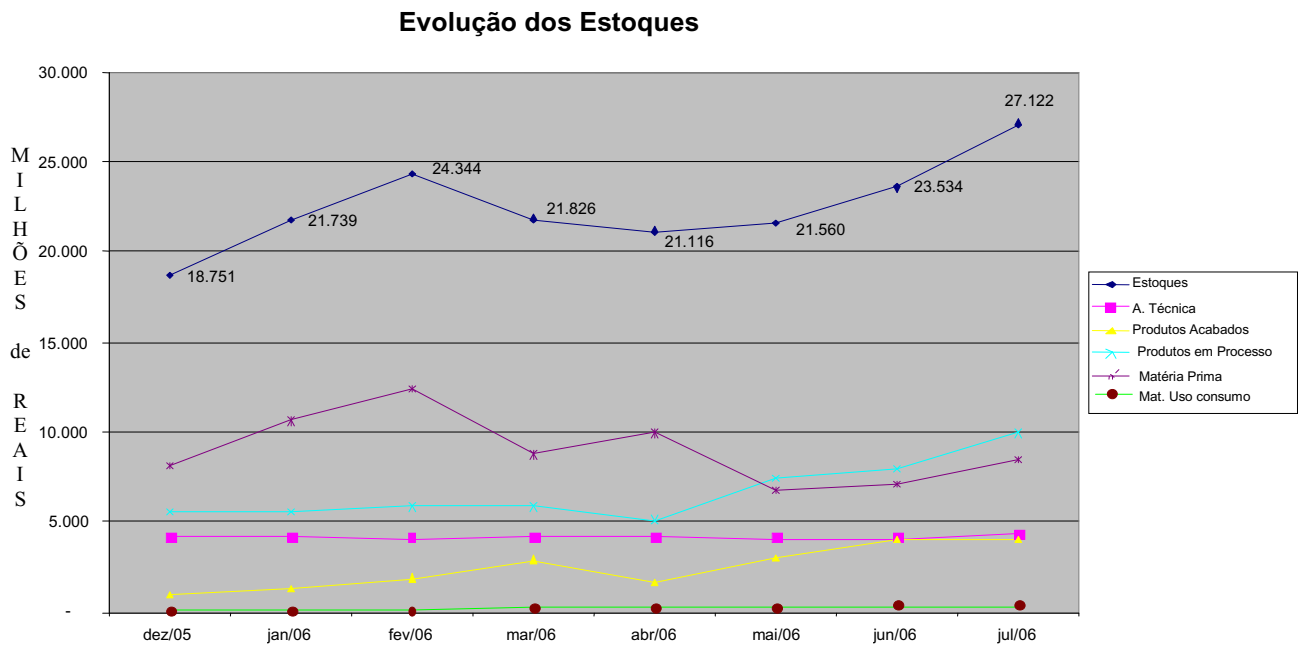


Figura 32: Gráficos - Evolução dos Estoques (mesmo volume de produção no período)

Fonte : Depto. Custos – empresa “X”.

A Figura 32 mostra que em Julho/2005 foi realizado o inventário, em seguida no período de Ago a Nov/2005 ocorreu a preparação e modificações para então a partir de Dez/2005 iniciar a mensuração da evolução dos estoques. No eixo vertical encontra-se “Milhões em Reais” e no eixo da horizontal o período dos meses de Dez / 2005 a Jul / 2006.

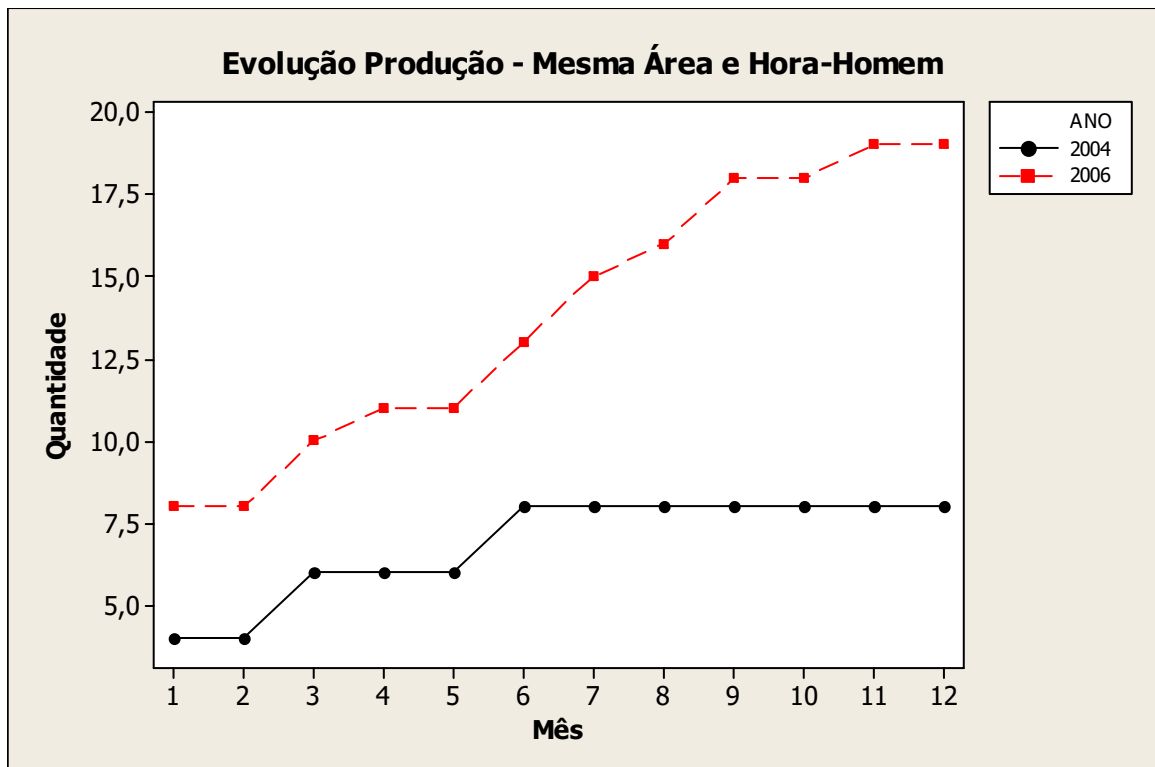


Figura 33: Gráficos - Evolução Produção – Mesma Área Produtiva e Mesmo Hora-Homem

Fonte : Depto. Custos – empresa “X”.

A Figura 33 mostra no eixo “Quantidade” a quantidade de máquinas produzidas e no eixo “Mês” representa o mês do ano (mês 1 equivale a Janeiro e segue sucessivamente) . A linha preta representa a evolução de produção em 2004. A linha vermelha representa a evolução de produção em 2006. Observamos que a evolução de desempenho de produção no período de 2004, no qual estava constante com aproximadamente oito máquinas produzidas / mês.

Após adoção de utilização dos conceitos de modelagem por SED ocorreu uma melhora significativa de desempenho mantendo os mesmos recursos de homem – hora e de área produtiva (instalações de montagem e manufatura). Conseguiu alcançar a evolução de desempenho em aproximadamente dezoito máquinas produzidas / mês. Representando um bom ganho de produtividade.

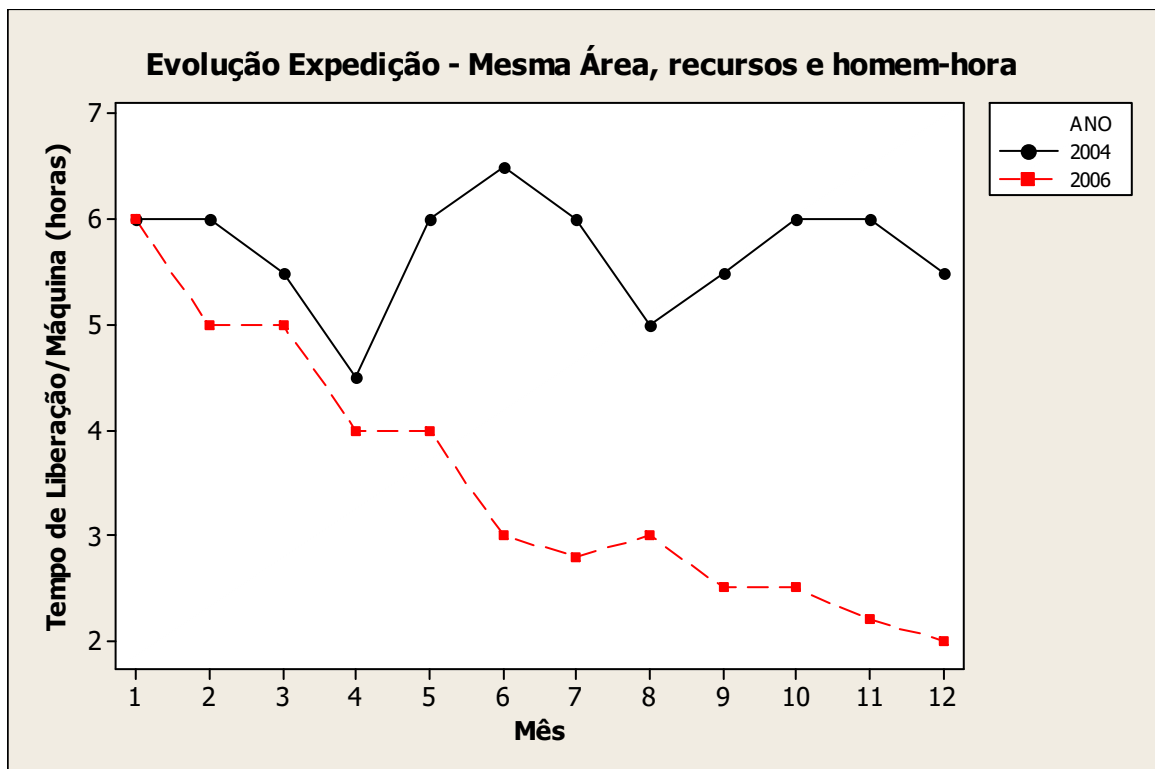


Figura 34: Gráficos - Evolução Expedição – Mesma área produtiva, recursos e homem-hora

Fonte : Depto. Custos – empresa “X”.

A Figura 34 mostra no eixo “Tempo de Liberação / Máquina (horas)” a quantidade de horas para liberação de máquinas pela expedição para os clientes e no eixo “Mês” representa o mês do ano (mês 1 equivale a Janeiro e segue sucessivamente). A linha preta representa a evolução de expedição em 2004. A linha vermelha representa a evolução de expedição em 2006. Observamos que a evolução de desempenho de expedição no período de 2004, no qual estava oscilante com

aproximadamente 6 horas para liberação (expedição) de máquinas produzidas/mês. Após adoção de utilização dos conceitos de modelagem por SED ocorreu uma melhora significativa de desempenho mantendo os mesmos recursos de homem-hora e de área produtiva (instalações de expedição e embalagem). Conseguiu alcançar a evolução de desempenho em aproximadamente 2 horas para liberação (expedição) de máquinas produzidas / mês. Representando um bom ganho de produtividade.

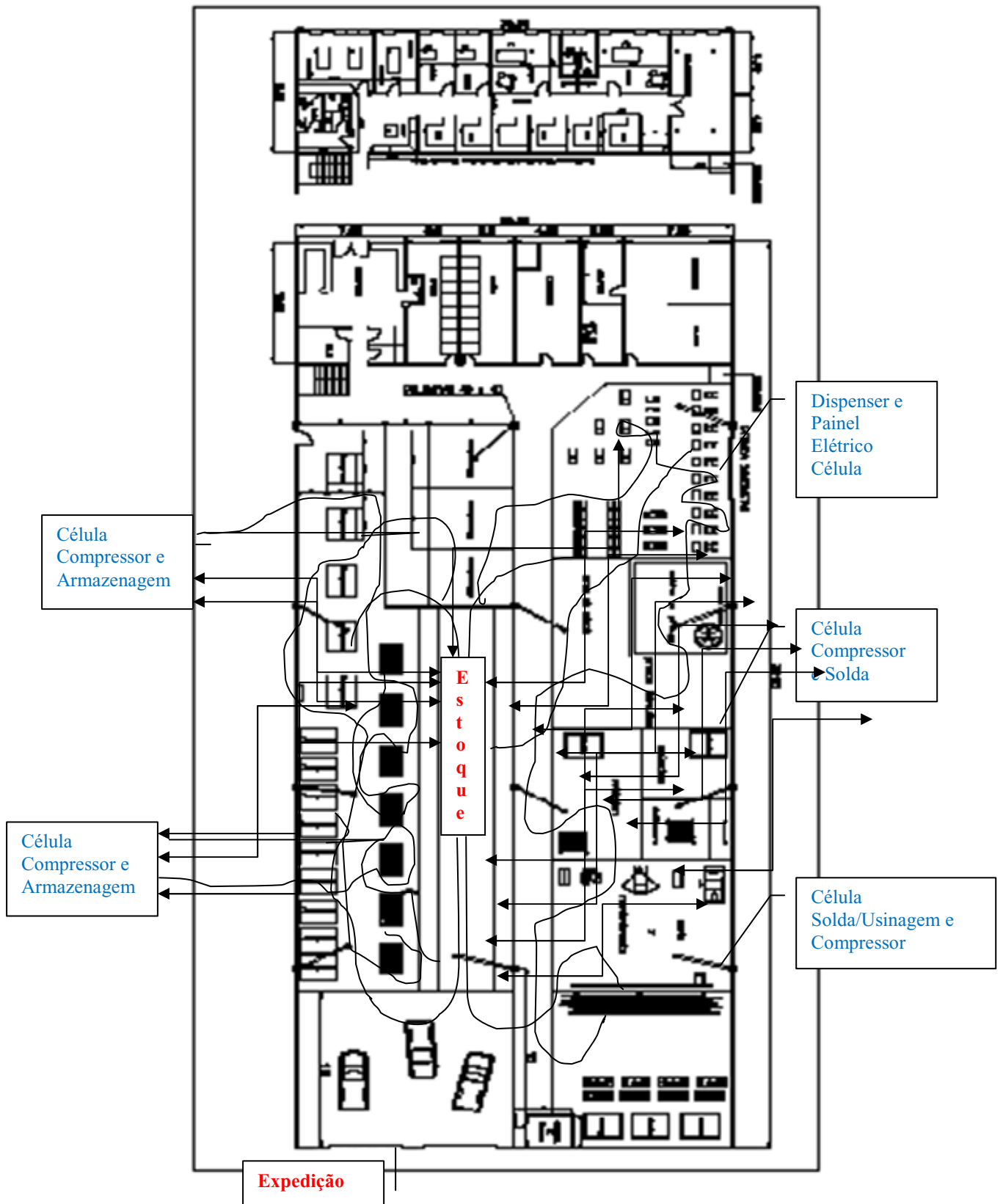


Figura 35: Gráficos – Fluxo de Materiais em 2004 (Layout da empresa “X”)

Fonte: Gerência de Processos – Empresa “X”

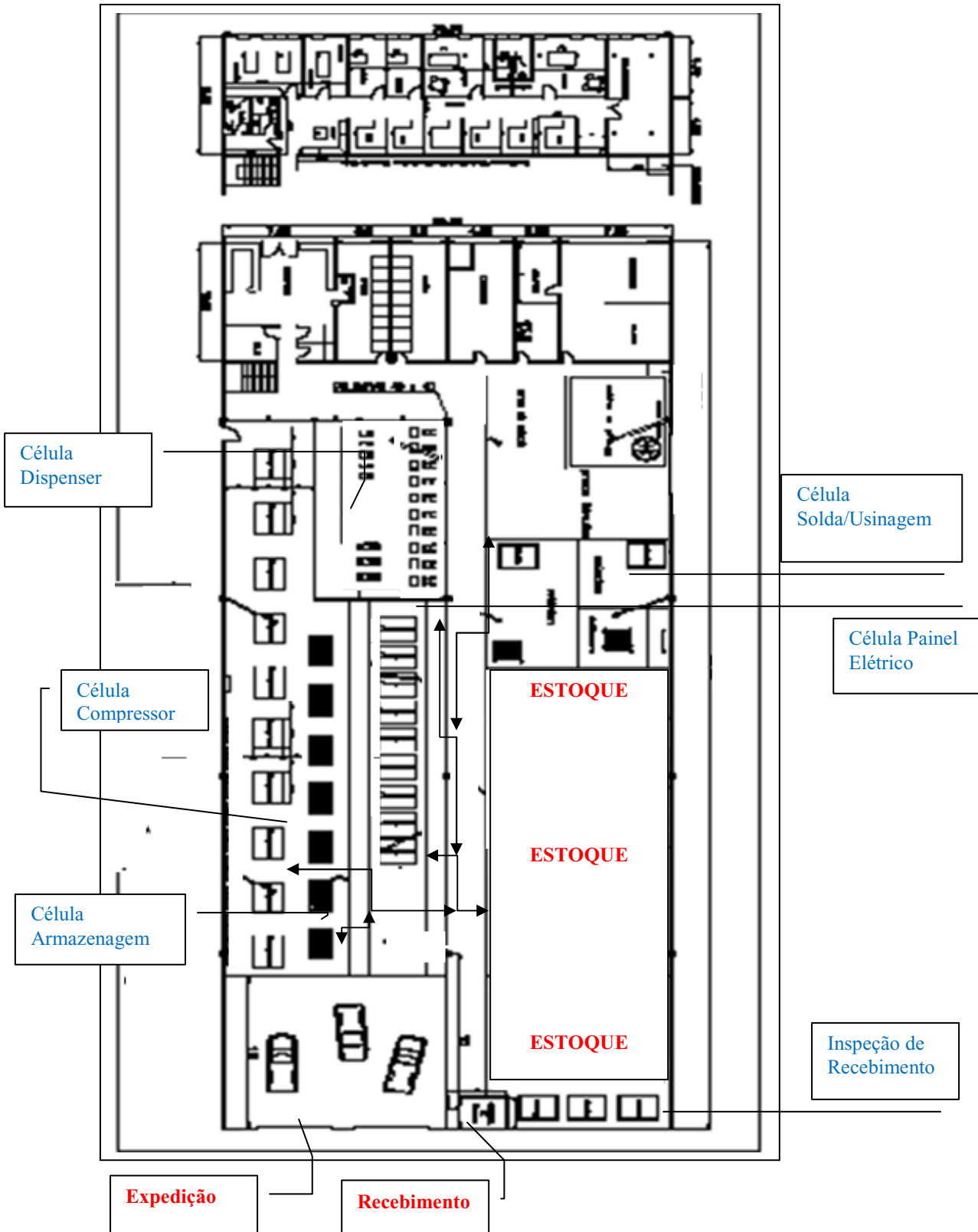


Figura 36: Gráficos – Fluxo de Materiais em 2006 (Layout da empresa “X”)
Fonte: Gerência de Processos – Empresa “X”

6 CONCLUSÕES e TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho de pesquisa teve como foco principal apresentar uma proposta estruturada factível de desenvolvimento de um modelo e síntese de um sistema de controle do fluxo de materiais utilizando ferramentas formais de modelagem e síntese de sistemas a eventos discretos para uma empresa de pequeno e médio porte do segmento de Petróleo/Gás, para que ela possa tentar alcançar o equilíbrio entre pessoas, tecnologia e processos. Percebeu-se que é primordial que as empresas antes da adoção dessas ferramentas avaliem através de uma abordagem estruturada os seus efeitos e benefícios organizacionais. Assim sendo, de acordo com o objetivo do trabalho, conclui-se que :

- Foi concebido a modelagem e síntese do sistema do fluxo de materiais de uma empresa de médio porte do segmento de Petróleo/Gás. A teoria de controle supervísório é uma abordagem formal que permite a síntese de supervisores ótimos.
- Foram abordados os conceitos atuais da literatura ligados à implantação de um sistema de fluxo de materiais.
- Foi realizado um estudo exploratório, dentro da empresa para obter as informações sobre os processos dos departamentos e seus fluxos.
- Foram identificadas as recomendações e/ou observações (contribuições) para manter o sistema de fluxo de materiais na empresa estudada, tendo em vista as melhorias de processo. Estas recomendações e/ou observações (contribuições) são necessárias para que o sistema funcione adequadamente e possa, no futuro, servir como modelo a ser seguido por outras empresas. Segue as recomendações e/ou observações (contribuições):
 - a) É necessário prover um back-up dos servidores do sistema de integração e sistema de controle de materiais com a finalidade de acompanhar a evolução tecnológica, a segurança do banco de dados e um possível black-out no sistema;

- b) Importante à capacitação das pessoas. Seria ideal um facilitador do sistema , devidamente preparado para fornecer as informações, alterar dados, bem como gerar melhorias;
- c) Faz-se necessário clarificar as funções, as atividades e as responsabilidades de todos os funcionários da empresa para garantir o envolvimento de todos na evolução do processo;
- d) Importante que os líderes e a alta direção tenham uma conscientização do pensamento sistêmico, isto é, ele precisa avaliar as consequências de suas decisões, especialmente questionando todas as áreas sobre suas ações e atividades que eles gostariam de fazer;
- e) A modelagem , síntese e implementação (arquitetura proposta) ; baseado nos conceitos de SED, são ferramentas importantes para ajudar a vencer novos desafios e contribuir para implantação de um sistema de ERP e/ou qualquer sistema;
- f) As contribuições principais foram: controle de custos, controle e gestão de estoques de materiais, organização de trabalho e das células de fabricação e a implantação de um ERP customizado que atenda os requisitos da empresa que são: gestão familiar (decisão específica e peculiar), baixo nível de controle, alta variedade, baixo volume e alto valor agregado do produto;
- g) Realizado testes de simulação com base de dados reais, em um período de seis meses e introduzidos dados de entrada com volume máximo de produção, com volume mínimo de produção, com situações de quebra/falha no sistema e/ou nos processos das subcélulas e /ou células e também projetado situações com *lead time* curto e estoque de peças em baixa e em alta capacidade. Aproximadamente foi feito quase 300 entradas de situações e avaliados todas as situações, no qual atenderam satisfatoriamente;
- h) Observou-se que o sistema do controle de fluxo de materiais não estava prevendo a situação do comportamento humano e isso pode favorecer um aumento de falhas no sistema. Para contornar isso, é

preciso que haja um envolvimento da alta direção para incentivar ou exigir o comprometimento de todos os funcionários da empresa, sem o qual podem ocorrer falhas difíceis de detectar e sanar. Essa mudança de comportamento pode ser tema de um trabalho voltado às relações humanas no trabalho;

- i) Também foi observado que inicialmente poderiam ocorrer falhas nas interfaces das subcélulas com as células, devido ao novo sistema integrado (ERP) e/ou devido a uma nova estrutura física e de informações literalmente. Entretanto, percebeu que os desafios foram superados e houve sucesso; porém não estava previsto uma reação extrema quanto às mudanças de comportamento dos funcionários da empresa estudada. Houve necessidades de ação enérgica da alta direção da empresa.

Como conclusão pode-se dizer que este trabalho de dissertação atingiu seu objetivo inicial que foi de apresentar uma proposta estruturada para conceber um modelo e síntese de um sistema de controle do fluxo de materiais utilizando ferramentas de modelagem e síntese de sistemas a eventos discretos.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Como um processo de melhoria contínua, apresento minhas sugestões para trabalhos futuros; que seguem:

- I) Conceber um modelo e síntese de um sistema de controle de transporte externo das atividades operacionais no cliente-empresa utilizando ferramentas formais de modelagem e síntese de sistemas a eventos discretos;
- II) Utilizar conceitos do SED para aplicativos de ERPs para PMEs;
- III) Utilizar o simulador eM Plant para configuração de modelos logísticos;
- IV) Desenvolvimento e análise comportamental para “mudanças” no chão de fábrica e na alta direção – foco em novos sistemas de trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, F . ; O'DOHERTY, P . Lessons from enterprise resource planning implementations in Ireland – towards smaller and shorter ERP projects. Journal of information technology. V.2 , no. 15, p. 305-306 , 2000 .

AQUARIUS Software.

<http://www.aquarius.com.br/automacao/gefanuc.aspx>. Acesso em 20/mai/2005 .

ARGYRIS, C . ; SCHÖN, D . A . ; Organizational learning II: theory, method and practice. Reading: Addison-Wesley, 305 p. 1996.

AROZO, Rodrigo. Monitoramento de desempenho na gestão de estoque. Disponível em <http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-busca.htm?fr-monitor.htm>. Acesso em 5/mar/2007.

BRANDIN, B. A. The real-time supervisory control of an experimental manufacturing cell, IEEE Transactions on Robotics and Automation, p. 1-14. 1996.

BUCKHOUT, S . ; FREY, E . ; NEMC, J . JR . Por um ERP eficaz . HSM Management. São Paulo .V.16, p. 30-36 , set-out, 1999.

CASSANDRAS, C. G. ; LAFORTUNE, S. Introduction to Discrete Event Systems, 2 ed. Kluwer Academic Publishers, Massachussets.1999 .

CORRÊA, H. L. e GIANESI, I. G. N.; CAON, M. Planejamento, programação e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2001.

CURY, J.E.R., TORRICO, C.R.C. ; CUNHA, A.E.C. A new approach for supervisory control of discrete event systems. Proceedings of the European Control Conference, Porto: Portugal, 2001.

DAVENPORT, T . H . ; HARRIS, J . G . ; CANTRELL, S . ; Enterprise systems and ongoing process change. Business Process Management Journal, v.10, no. 1, p. 16-26, 2004.

DEITOS, M. L.M.S. ; A gestão da tecnologia em pequenas e médias empresas : fatores limitadores e formas de superação. Edunioeste: coleção Thésis. Cascavel, 2002 .

DOUMEINGTS; G. ; DUCQ; Y. ; Enterprise modeling techniques to improve efficiency of enterprises. Production planning & Control, v.12, no.2, p.146-163,2001.

DURMUSOGLU,S.;SUMEN,H.;YENEN,V.Z. The state-of-art MRP/MRP II implementation in Turkey. Production Planning and Control, v.7, n.1,p.2-10,1996.

GASNIER, D. Gestão de materiais: a finalidade dos estoques. Disponível em www.imam.com.br Acesso em 01/mar/2007.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

HAYES, R. ; PISANO, G. P. ; “Beyond world class: the new manufacturing strategy”, Harvard Business Review, January/February, pp. 77-86, 1994.

HAYES, R. ; UPTON, D. ; Operations-based strategy. California Management review, vol.40, no. 4 , p. 8-25, summer, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA ; As micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil. Série Estudos e pesquisas – Informação Econômica, no. 1, Rio de Janeiro, 2003 .

KIEFER, F. ; Heterogeneous modelling tools for integrates production systems. International Journal of Production Research, v.38, no. 17 , p.4149-4157, 2000.

KRAFTA, L.; Gestão da Informação como base da ação comercial de uma empresa de TI . Dissertação de mestrado. Porto Alegre : PPGA/EA/UFRGS. 2007.

KRUMBHOLZ, M . Implementing enterprises resource planning packages in different corporate and national cultures. Journal of information technology. USA, no.15, p. 267-279, 2000.

LIMA, E . O . As definições de micro, pequena e média empresas brasileiras como base para a formulação de políticas públicas. Anais do II Enegepe, p. 421-436. Londrina, Novembro, 2001.

LOH. T . C.; KOH, S . C . L . ; Critical elements for a successful enterprise resource planning implementation in small and médium-sized enterprises. International Journal of Production Research, v.42, n.17, p. 3433-3455, September, 2004 .

LONGENECKER, J . G . ; MOORE, C . W . ; PETTY. J. W . ; Administração de pequenas empresas: ênfase na gerência empresarial. Markoon Books, São Paulo, 1998.

MARTENS, C . D . P . ; FREITAS, H . A tecnologia da informação (TI) em empresas industriais do Taquari (RS). Porto Alegre/RS. Anais do XXXVII CLADEA, anais em CD-ROM, outubro de 2002.

MASLEN, R. ; PLATTS, K . W . ; Manufacturing vision and competitiveness. Integrated Manufacturing Systems. V.8, no. 5, p. 313-322 , 1997 .

MENDES, J . V . ; ESCRIVÃO FILHO, E . ; Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. Gestão e produção, v.9 , no. 3, p. 277-296, dezembro, 2002 .

MIGLIATO, A . L . T . ; ESCRIVÃO, E . F . ; A pequena empresa e suas especificidades: uma proposta de classificação fundamentada em um modelo de

concepção organizacional. VII SEMEAD – Seminários em Administração, FEA/USP, 2004.

MINTZBERG, H. ; AHLSTRAND, B. ; LAMPEL, J. ; Safari de estratégia – um roteiro pela selva do planejamento estratégico. Porto Alegre : Bookman , 2000 .

OLIVEIRA, S. L. Tratado de metodologia científica: projetos e pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

QUEIROZ, M. H.; CURY, J. E. R. Modular control of composed systems, Proceedings of the American Control Conference (ACC), Chicago – USA, 2000.

QUEIROZ, M. H.; CURY, J. E. R. Modular supervisory control of large scale discrete event systems, Proceedings of the Workshop on Discrete Event Systems (WODS), Ghent – Belgium, 2002.

RAMADGE, P. J. G.; WONHAM, W. M. Modular feedback logic for discrete event systems, SIAM Journal of Control and Optimization, p: 1202-1218, 1999.

RAMADGE, P. J. G.; WONHAM, W. M. Supervisory control of a class of discrete event processes, SIAM Journal of Control and Optimization, p.: 206-230, 2001.

SEBRAE. Estatísticas sobre as micro e pequenas empresas. Estudos e pesquisas. Disponível em: <http://www.sebraesp.com.br/>. Acesso em 08/fev/2007 .

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHSTON, Robert. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2002.

STERMAN, J. D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Massachusetts Institute of Technology, USA. 2000 .

TAVARES, A. ; Um estudo da aplicação dos sistemas de planejamento e controle da produção em empresas metal-mecânica do estado do Ceará. Dissertação de Mestrado. Programa de pós graduação em Engenharia de produção, UFSC, 2000.

THIOLLENT, M. ; Metodologia de pesquisa – ação , editora Cortez, S.Paulo/SP. 2005.

TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2000.

VENTANA SYSTEM.

<http://www.vensim.com>. Acesso em 30/abr/2005.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2000.

VIEGAS, W. ; Fundamentos de metodologia científica, EdUnB/Paralelo 15 , 1999.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WONHAM, W. M. Notes on Control of Discrete-Event Systems, Systems Control Group, Department of Electrical & Computer Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada. 2003.

ANEXO - I

Resumo Ferramenta Grail

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO e SISTEMAS SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS

1 INTRODUÇÃO

A ferramenta Grail é um ambiente de computação simbólico para máquinas de estados finitas, expressões regulares e linguagens finitas. A ferramenta foi elaborada com a intenção de ser usada em ensino, pesquisa e extensão.

2 FM – Máquinas de estados finitas

No Grail o formato de especificação de uma FM consiste de uma lista de instruções armazenada em um arquivo ASCII. A FM da figura i possui a seguinte especificação no Grail:

```
(START) |- 0
0 a 1
1 b 2
1 -| (FINAL)
2 -| (FINAL)
```



Figura i: Máquina de estados finitos

O Grail oferece alguns predicados e vários filtros para trabalhar com FM. A tabela ii mostra os predicados e a tabela iii mostra os filtros.

<code>iscomp</code>	testa se FM é completa
<code>isdeterm</code>	testa se FM é determinística
<code>isomorph</code>	testa se FM é isomorfa
<code>isuniv</code>	testa se FM é universal

Tabela ii: Predicados do Grail

<code>fmalpha</code>	tira o alfabeto de uma FM
<code>fmcat</code>	concatena duas FMs
<code>fmcmnt</code>	complementa uma FM
<code>fmcomp</code>	completa uma FM
<code>fmcondat</code>	informa dados de controle sobre FM
<code>fmcross</code>	intersecciona duas FMs
<code>fmdeterm</code>	torna FM determinística
<code>fmenum</code>	enumera palavras reconhecidas pela FM
<code>fmexec</code>	dada uma cadeia executa a FM
<code>fmloop</code>	faz o self-loop de eventos da primeira FM na segunda FM
<code>fmmark</code>	marca todos os estados da FM
<code>fmmin</code>	minimiza a FM
<code>fmminrev</code>	minimiza a FM (outro método)
<code>fmplus</code>	faz o plus de uma FM
<code>fmproj</code>	faz a projeção de uma FM
<code>fmreach</code>	retira a componente acessível de uma FM
<code>fmremove</code>	elimina estados de uma FM
<code>fmrenum</code>	renumera os estados de uma FM
<code>fmreverse</code>	encontra o reverso de uma FM
<code>fmsort</code>	sorteia as instruções para os estados
<code>fmstar</code>	faz o fechamento Kleene de uma FM
<code>fmstats</code>	obtêm informações sobre a FM
<code>fmsupc</code>	encontra a máxima linguagem controlável
<code>fmsync</code>	faz o produto síncrono de duas FMs
<code>fmtodot</code>	converte uma FM para o formato <code>.dot</code>
<code>fmtovcg</code>	converte uma FM para o formato <code>.vcg</code>
<code>fmtrim</code>	encontra a componente trim de uma FM
<code>fmunion</code>	encontra a união de duas FMs

Tabela iii: Filtros do Grail

3 EXEMPLO

A seguir é apresentado um problema e como resolvê-lo utilizando o Grail. Suponha um sistema constituído de duas máquinas e um buffer, como na figura iv. Os eventos $E1 = \{a1, a2\}$ indicam início de operação e depósito de peça no buffer e $E2 = \{b1, b2\}$ indicam fim da operação. As máquinas devem ser modeladas sem possibilidade de quebra.

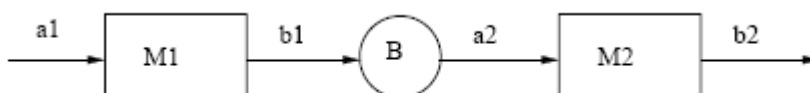


Figura iv: Pequena Fábrica

O autômato que representa a máquina M1 está na figura v e no Grail possui o seguinte formato:

```

(START) |- 0
0 a_1 1
1 b_1 0
0 -| (FINAL)
  
```

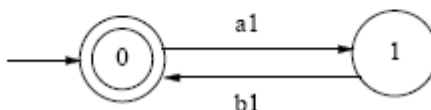


Figura v: Modelo máquina 1

A máquina M2 é mostrada na figura vi e possui o seguinte formato no Grail:

```

(START) |- 0
0 a_2 1
1 b_2 0
0 -| (FINAL)
  
```

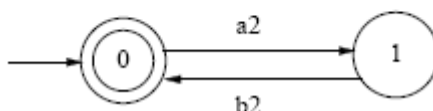


Figura vi: Modelo máquina 2

A restrição de coordenação, ou especificação, para este sistema consiste em evitar overflow e underflow no buffer. O autômato que modela esta restrição está na figura vii e sua representação no Grail é a seguinte:

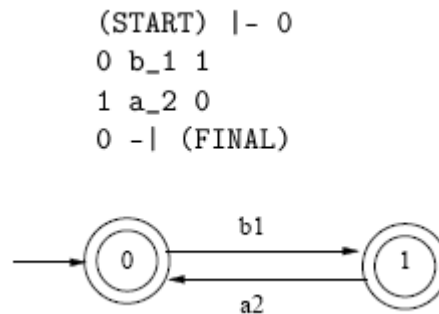


Figura vii: Modelo restrição

A parte de modelagem do exemplo está concluída com cada modelo armazenado em um arquivo, agora pode-se aplicar os filtros do Grail para encontrar minimamente restritivo.

1. Construir a planta livre, através da composição síncrona das máquinas M1 e M2: `fmsync m1 m2 > planta`.

Normalmente joga-se o resultado da função num outro arquivo (`> planta`);

2. Realizar a composição da planta com a restrição:
`fmsync planta restrição > s`.

3. Encontrar a componente co-acessível de `s`:
`fmtrim s > strim`.

4. Criar um arquivo de um único estado com self-loop dos eventos não controláveis (arquivo `n-cont`, por exemplo):

```

    (START) |- 0
    0 b_1 0
    0 b_2 0
    0 -| (FINAL)
  
```

5. Encontrar o supervisor minimamente restritivo:

```
fmsup planta strim ncom > supervisor
```

Onde strim é a especificação que a planta deve obedecer.

Para visualizar os resultados é possível utilizar a ferramenta Graphviz, já que o Grail possui uma função que converte o arquivo ASCII com o autômato para o formato da ferramenta (.dot). Para converter um arquivo basta usar o seguinte comando:

```
fmtodot nomearq > nomearq.dot
```

Uma observação deve ser feita sobre a numeração dos estados nos autômatos gerados pelo Grail. Ao executar a função `fmsync m1 m2` os estados do autômato resultante serão renomeados, e para identificar quais estados `m1` e `m2` irão compor o novo estado basta resolver a seguinte equação:

$$\frac{\text{estado}_{\text{novo}}}{\text{max}} = \text{estado}_{m2}$$

E o resto da divisão indica o estado de `m1`. A variável é encontrada da seguinte forma: analisam-se os dois autômatos e encontra-se o maior valor inteiro que um estado possui como rótulo, a este valor soma 1; obtendo `max`.

4 UTILIZAÇÃO DO GRAIL

As ferramentas Grail e Graphviz são utilizadas através de uma linha de comando, e no LCMI estão instaladas na máquina Kleene. Para utilizá-las, é necessário ajustar o PATH:

```
set path="%path%";c:\sed\grail\bin;c:\sed\graphviz\bin;
```

Após acertar o PATH pode-se todas as funções do Grail através da linha de comando. Para utilizar o Graphviz basta chamar a função `dotty`, como mostra o exemplo:

```
Dotty strim.dot
```

As ferramentas podem ser obtidas nos seguintes endereços:

```
ftp://ftp.lcmi.ufsc.br/pub/Windows/programacao/sed/
```

```
http://www.research.att.com/sw/tools/graphviz/
```

Na máquina Kleene estão instaladas outras ferramentas utilizadas para resolver problemas envolvendo sistemas a eventos discretos, bem como alguns documentos para ajudar a utilizá-los.

ANEXO - II

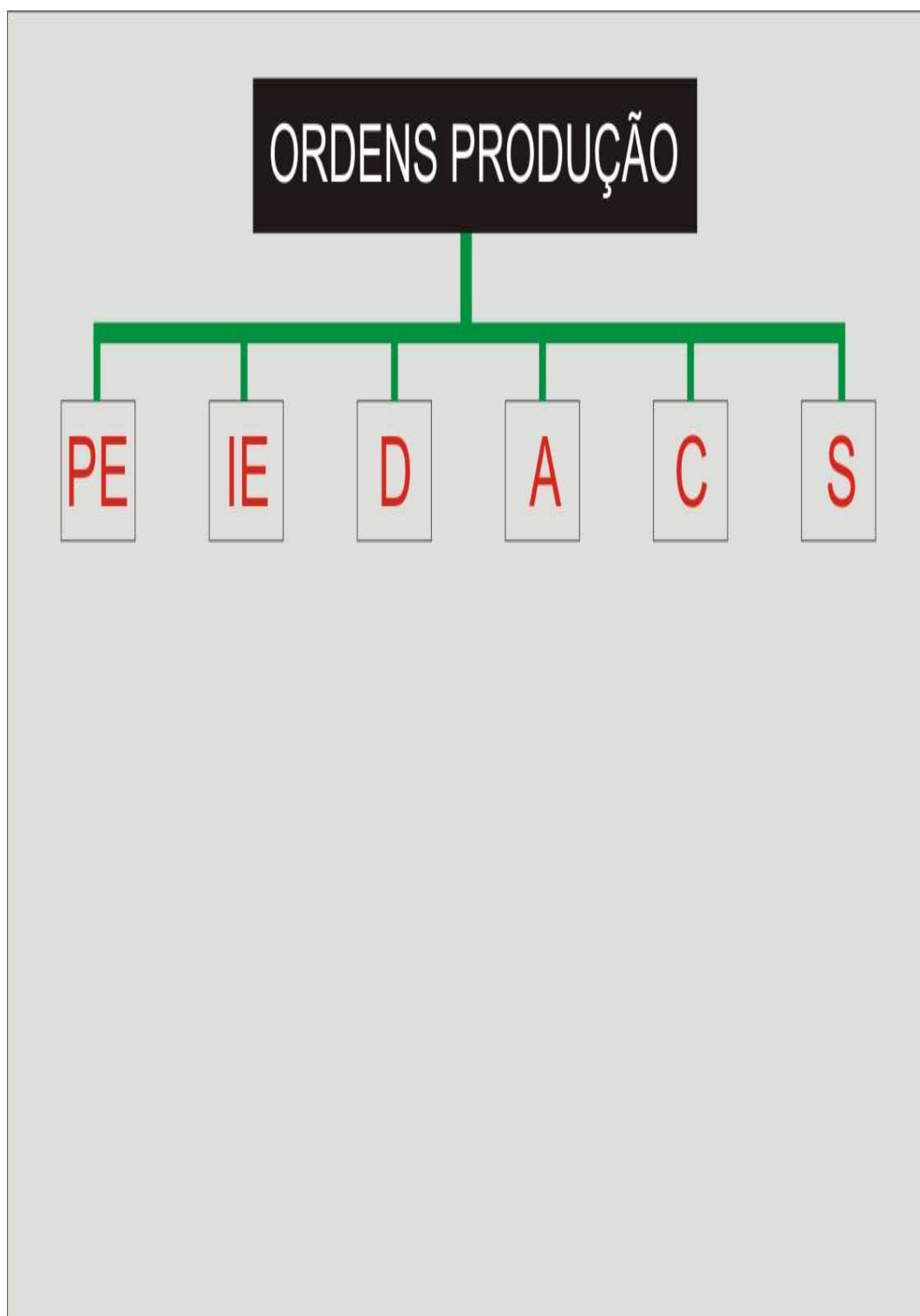


Figura C – Disposição das Células de Fabricação
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura C mostra as células elaboradas para poder gerar seus sistemas.

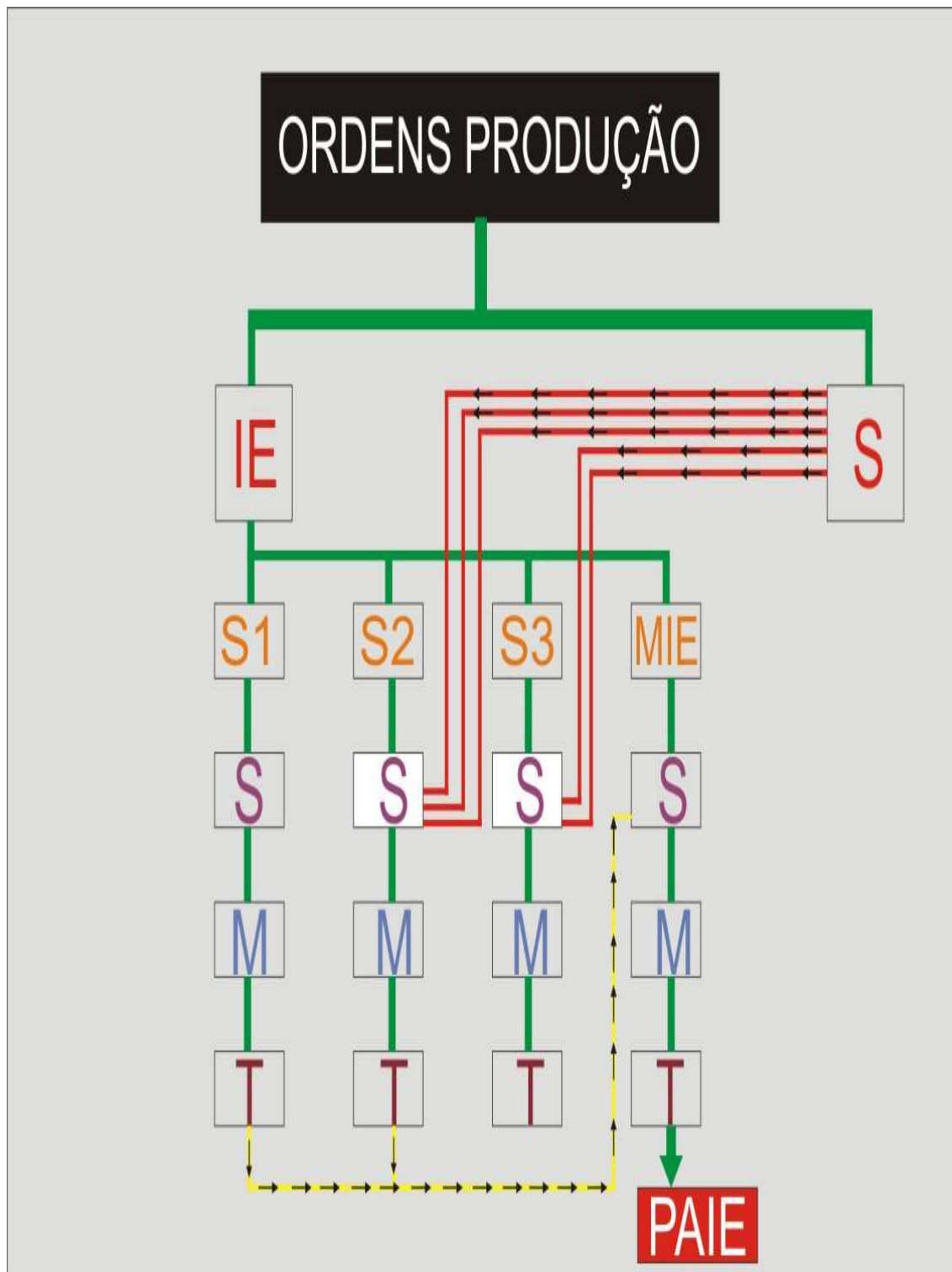


Figura D – Célula IE e suas Interligações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura D mostra a célula IE com 3 células de subsistema e depois alimenta o subsistema de montagem MIE, (S_1 , S_2 , e S_3). No qual gerar o produto acabado IE (PAIE). Cada subsistema é constituído: S – Separar, para controle de materiais. S é

a célula que esta enviando materiais para a sub-montagem de S_2 e S_3 . M- Montagem e T – Terminação/Acabamento.

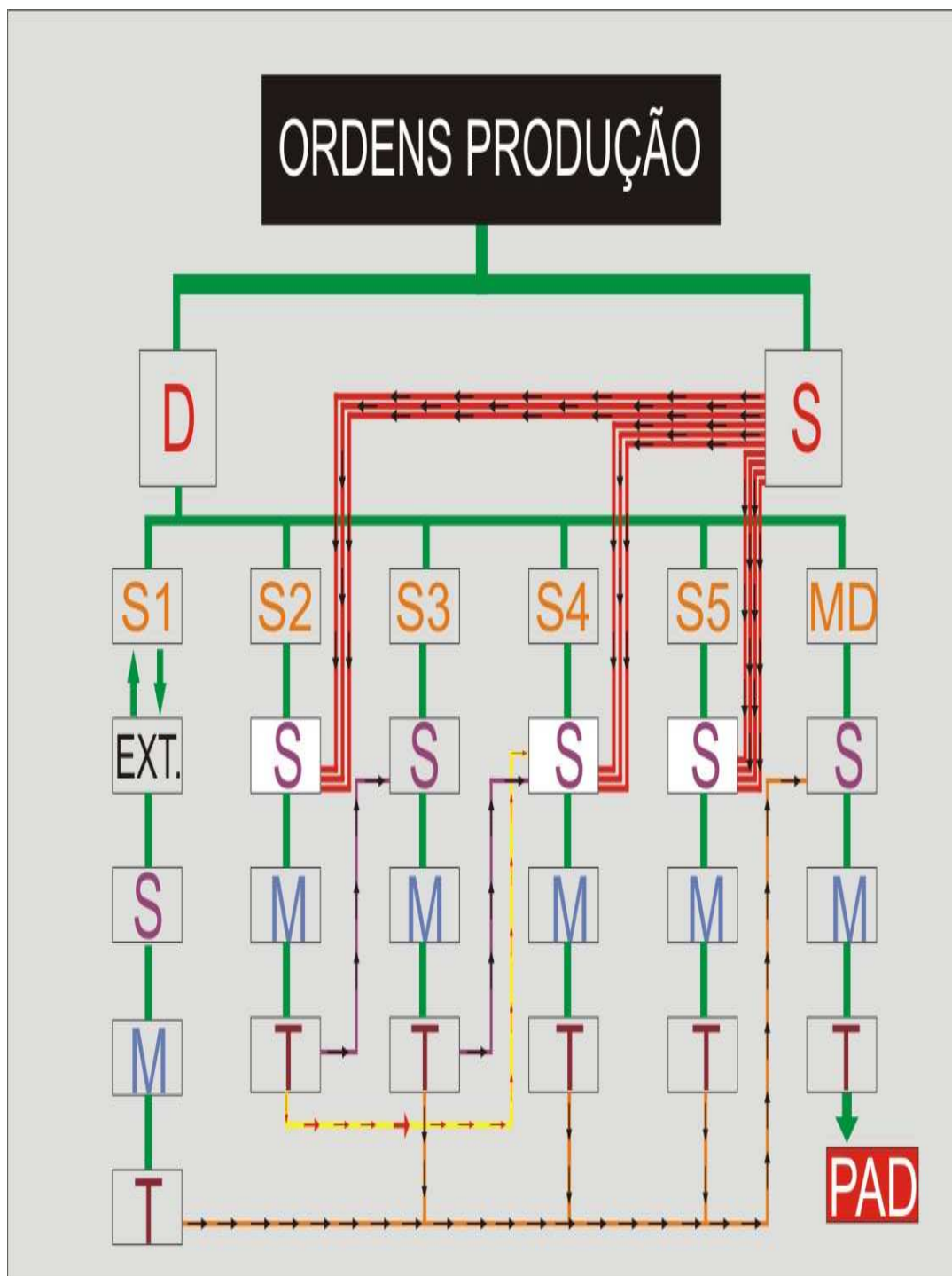


Figura E – Célula D e suas Interligações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura E mostra a célula D e a célula S, na qual a célula S está enviando materiais para a sub-montagem de S₂, S₄ e S₅ da célula D.

A sub-montagem S₁ recebe e envia materiais para um fornecedor e dar-se-á seqüência nas operações de S – Separar, para controle de materiais; M – Montagem

e T – Terminação. S₁; S₂; S₃; S₄; S₅ enviam materiais sub-montados para sub-montagem final MD; no qual gera o produto acabado D (PAD).

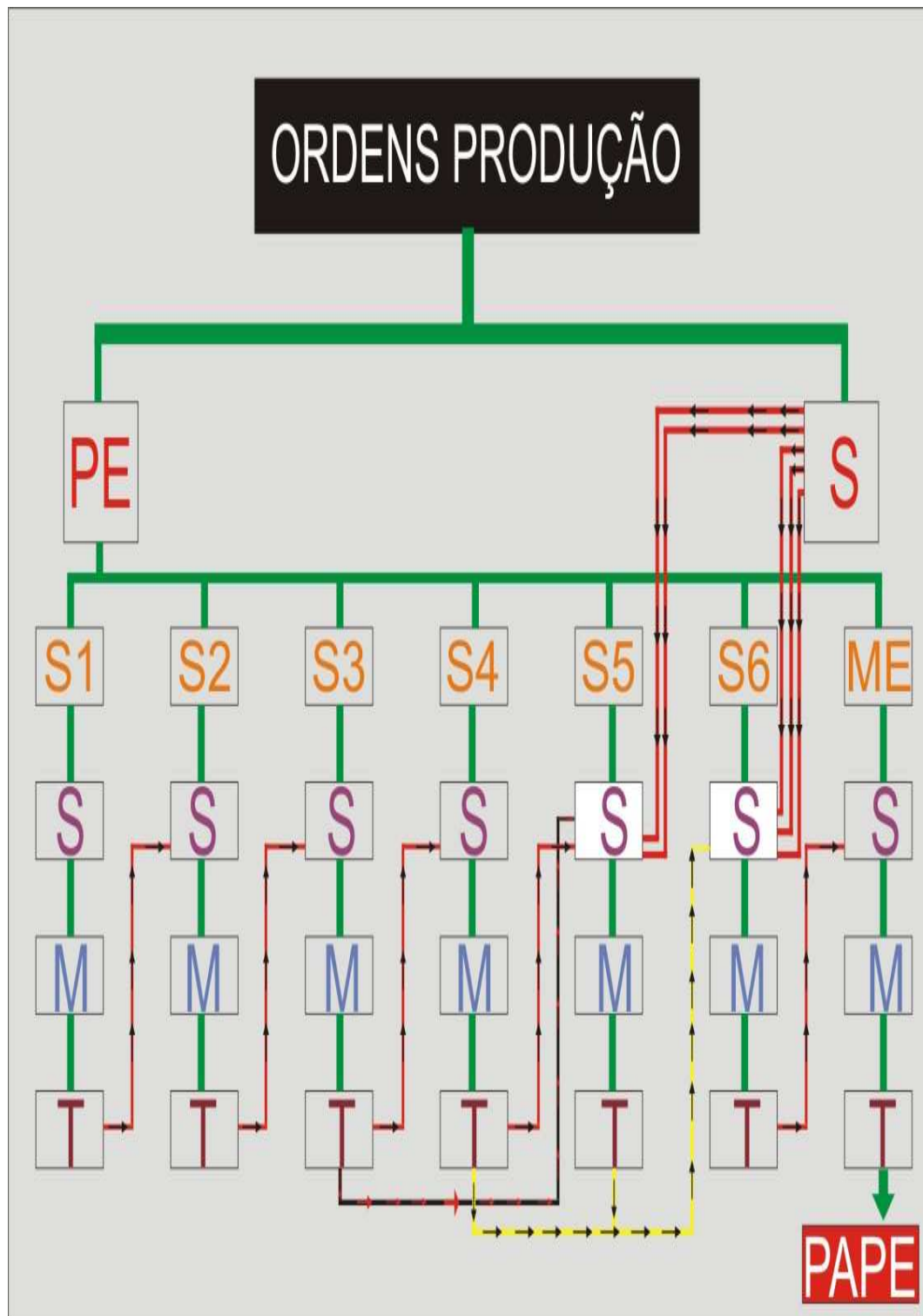


Figura F – Célula PE e suas Interligações

Fonte – Elaborado pelo autor.

A figura F mostra a célula PE e a célula S, no qual a célula S está enviando materiais para a sub-montagem da S_5 e S_6 a célula PE

S₁; S₂; S₃; S₄; S₅; S₆ enviam materiais sub-montados para sub-montagem final ME; no qual gera o produto acabado PE (PAPE).

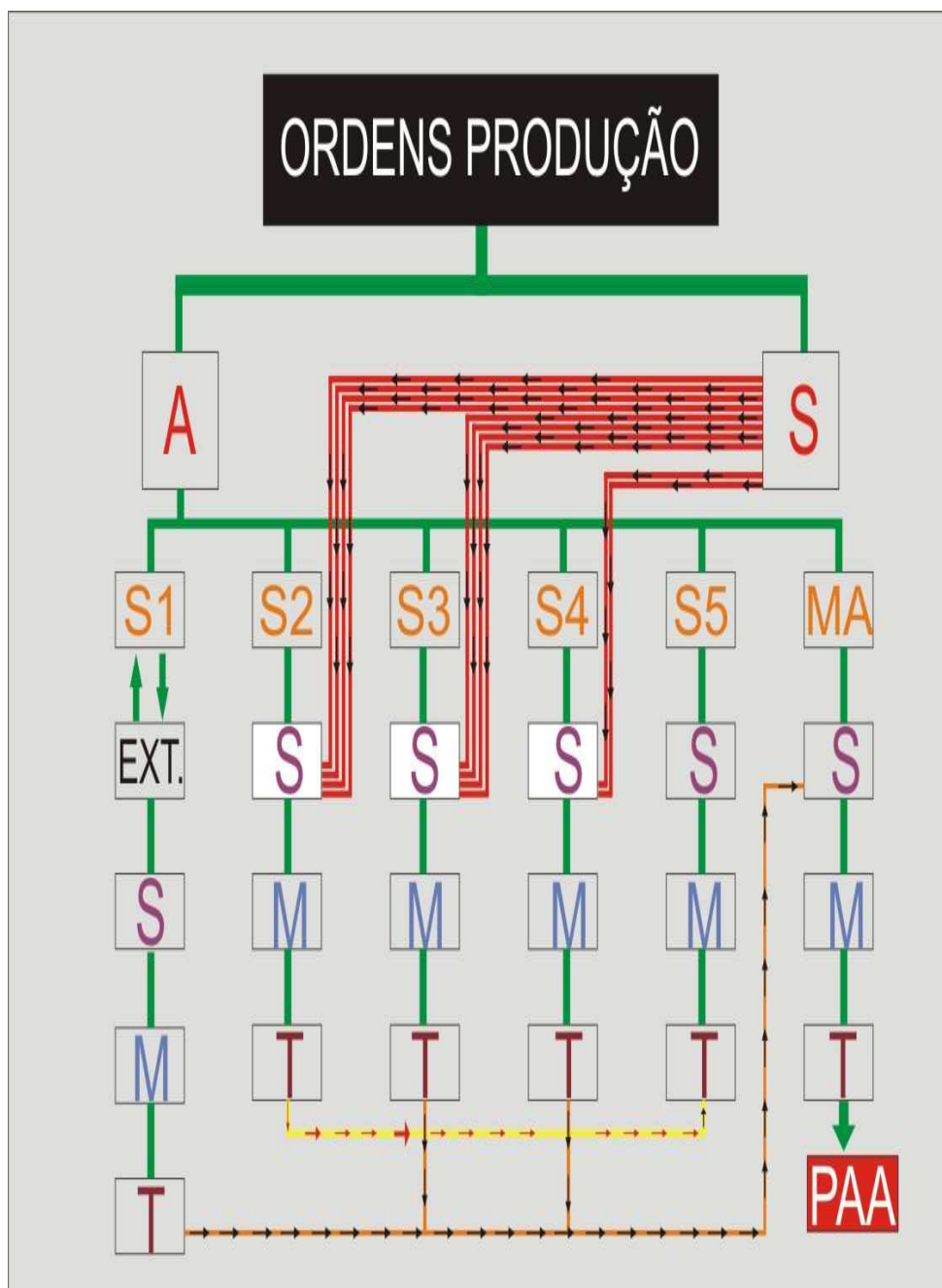


Figura G – Célula A e suas Interligações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura G mostra a célula A e a célula S, no qual a célula S está enviando materiais para a sub-montagem da S_2 , S_3 e S_4 a célula A.

A sub-montagem S_1 recebe e envia materiais para um fornecedor e dar-se-á seqüência nas operações de S – Separar, para controle de materiais, M – Montagem e T – Terminação.

S_1 ; S_2 ; S_3 ; S_4 ; S_5 enviam materiais sub-montados para sub-montagem final MA; no qual gera o produto acabado A (PAA).

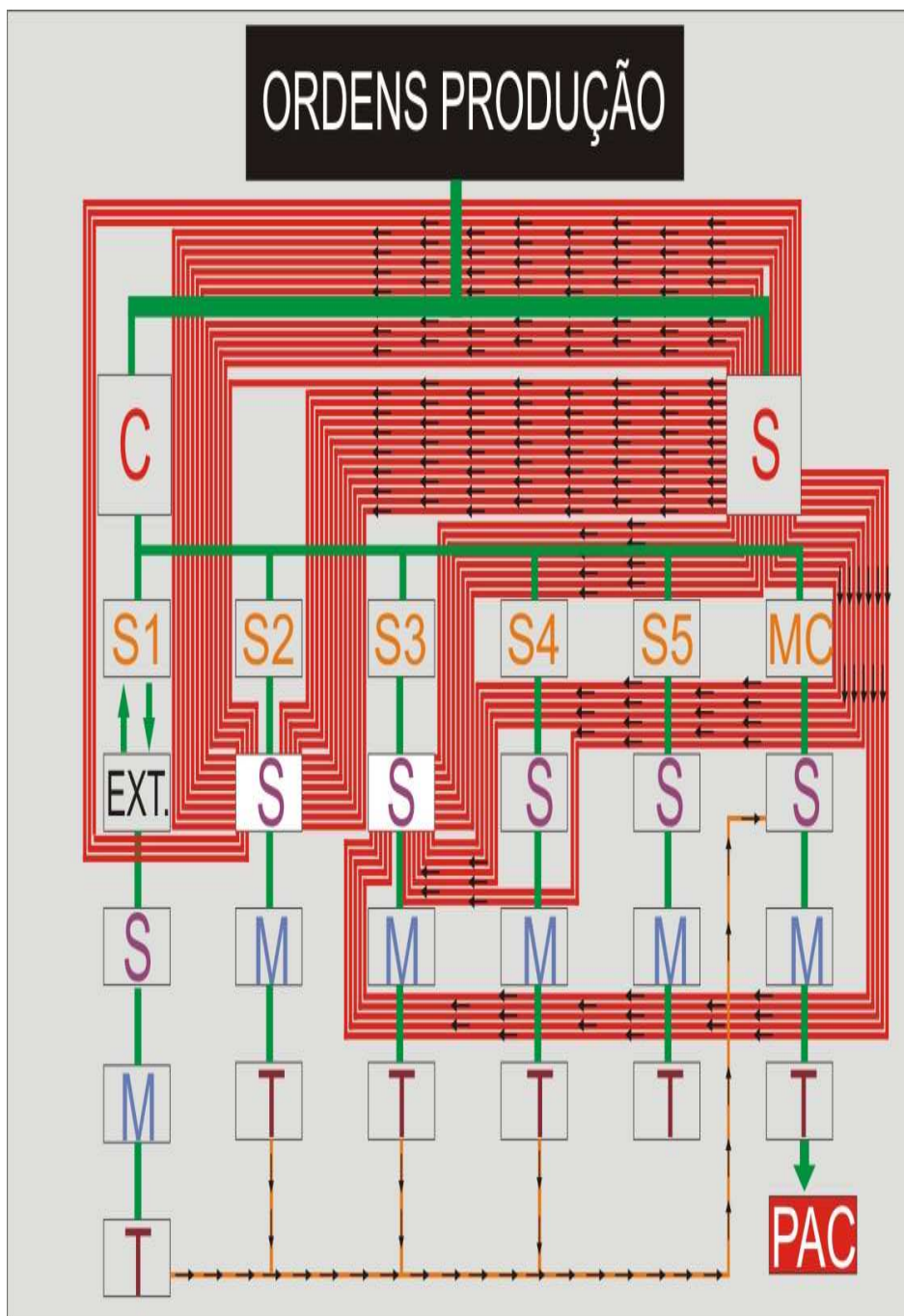


Figura H – Célula C e suas Interligações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura H mostra a célula C e a célula S, no qual a célula S está enviando materiais para a sub-montagem da S_2 e S_1 da célula C.

A sub-montagem S_1 recebe e envia materiais para um fornecedor e dar-se-á seqüência nas operações de S – Separar, para controle de materiais, M – Montagem

e T – Terminação. S₁; S₂; S₃; S₄; S₅ enviam materiais sub-montados para sub-montagem final MC; no qual gera o produto acabado C (PAC).

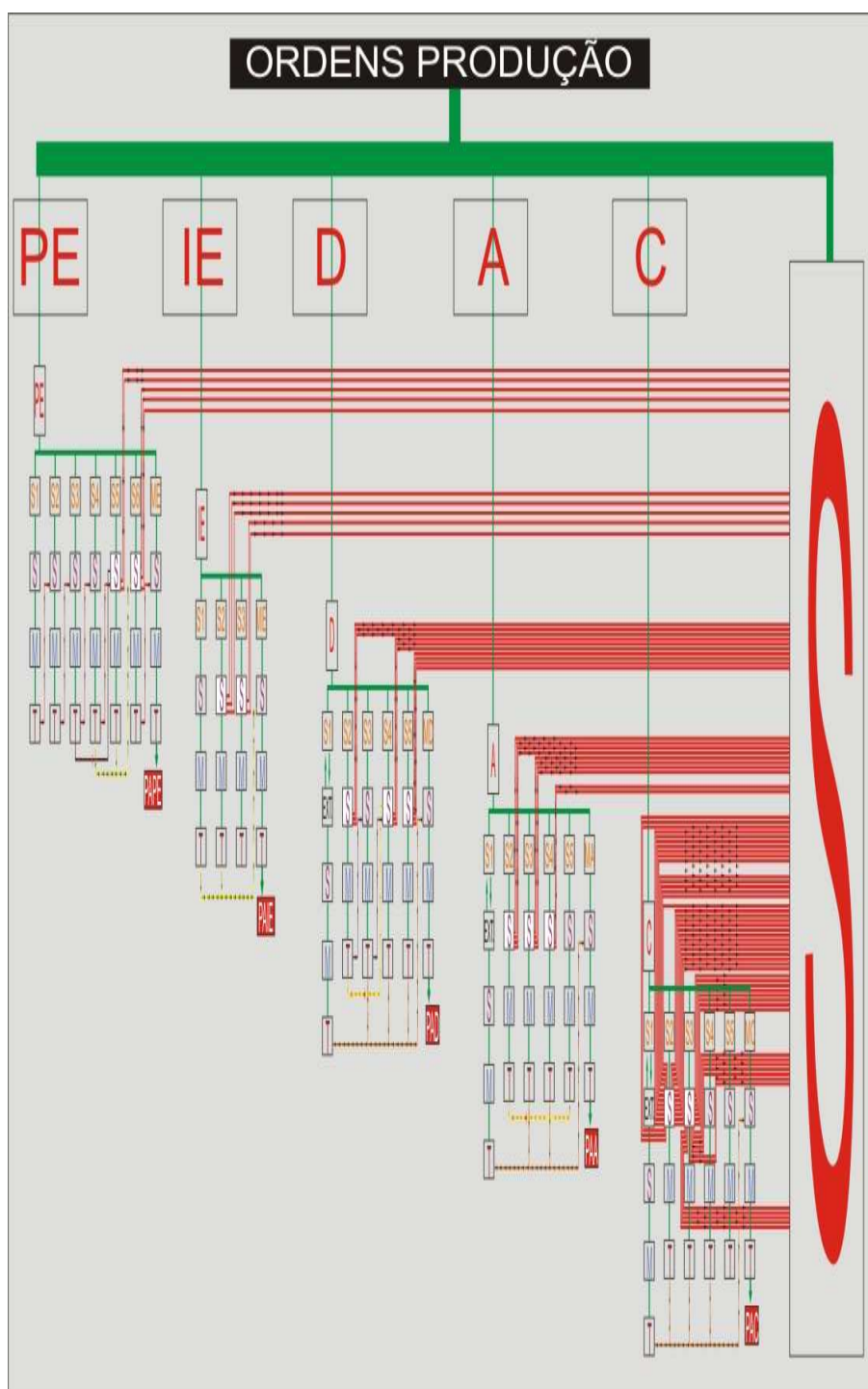


Figura I – Célula Agrupada e suas Interligações

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura I mostra a influencia que a célula S tem sobre as outras células.

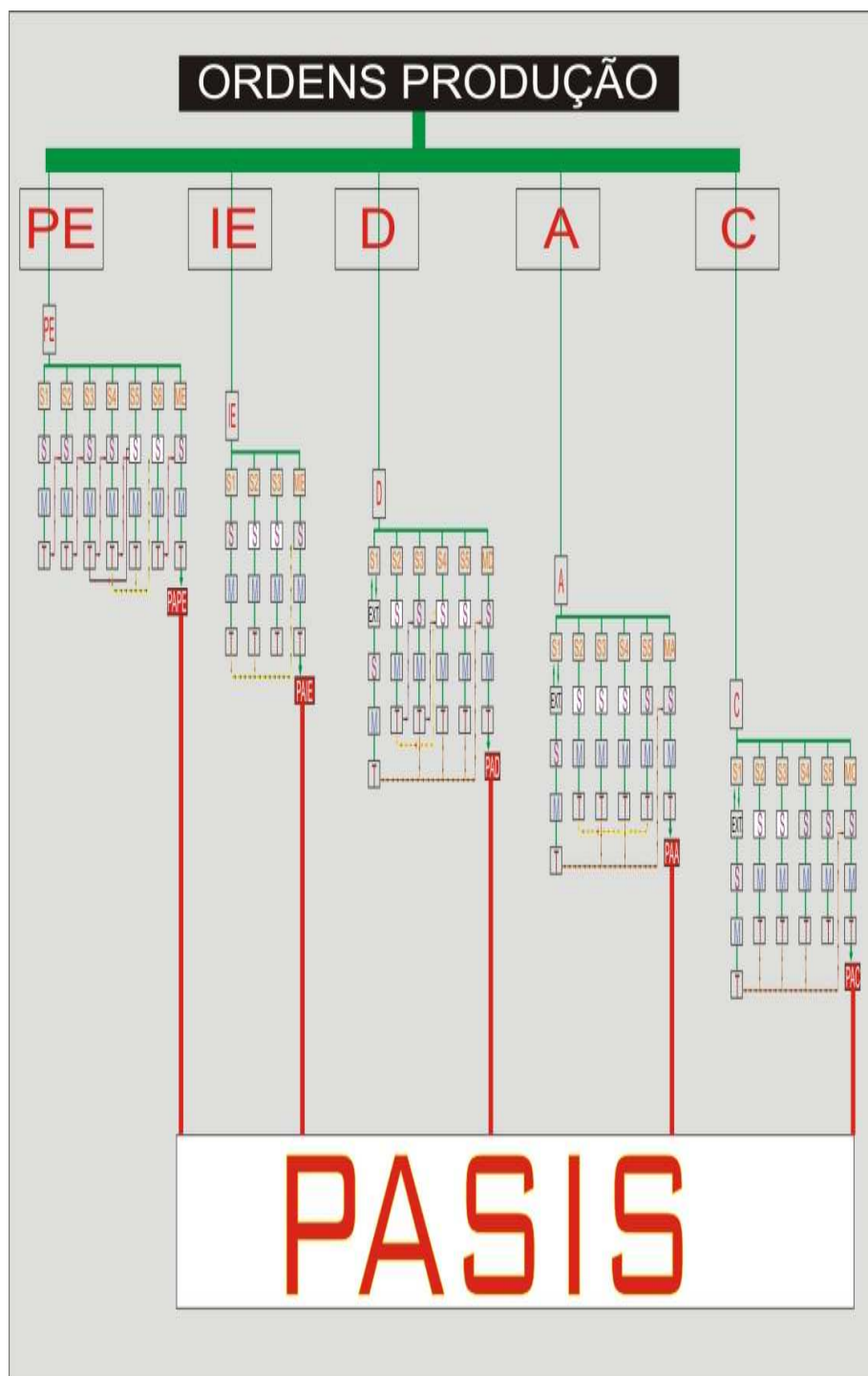


Figura J – Célula Agrupada Total

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura J mostra o resultado de cada célula e seus subsistemas que geram os seus produtos que agrupados gera o produto final (PASIS).