Campus de São Carlos

**SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE
FÁBRICA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA
IMPLANTAÇÃO EM INDÚSTRIAS DE
USINAGEM**

ANDRÉ GUSTAVO LOPES DE SOUSA CAETANO

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Gomes de Oliveira

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 24 / 08 / 00

Ass.: *Am*

SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE-FÁBRICA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO EM INDÚSTRIAS DE USINAGEM

André Gustavo Lopes de Sousa Caetano

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016487

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica

ORIENTADOR: Prof. Tit. João Fernando Gomes de Oliveira

São Carlos

2000

Class.	TESE
Cutt.	1031
Tombo	T0168/00

1099491

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

C128s Caetano, André Gustavo de Sousa
Sistemas de supervisão de chão-de-fábrica : uma
contribuição para implantação em indústrias de
usinagem / André Gustavo Lopes de Sousa Caetano. --
São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Gomes de
Oliveira.

1. Sistemas de supervisão. 2. Usinagem.
3. Integração de chão-de-fábrica. 4. Monitoramento da
produção. I. Título.

*Aos meus pais, Santina e Osvaldo,
por me ensinarem a sonhar
e por acreditarem neste sonho.*

Agradecimentos

A Deus, pela luz... sempre.

À minha família, meus pais e Priscilla, por suportarem a ausência, mas sempre presentes no apoio, carinho e amor.

Às minha avós, Lina e Laura, pelo exemplo de vida.

Ao João Fernando, pela orientação e, principalmente, pela paciência e amizade.

Ao Gustavo, pela amizade, companheirismo e força nos momentos de alegria e dificuldades que enfrentamos juntos... valeu!!! Esta pesquisa também é sua.

Ao George, pela ajuda constante e pelas eternas conversas que muito auxiliaram no desenvolvimento do trabalho.

Ao Sidra, pelo apoio infalível e pela ajuda na revisão.

À Ana pela grande força na reta final.

À Karine pelo incentivo e por acreditar no meu trabalho.

Ao Bremer, pelo apoio e orientação.

À Irene pela paciência e atenção.

Aos colegas do laboratório, pela contribuição em muitas etapas deste trabalho.

Às empresas, pelo apoio e oportunidade.

À Coordenação de Pós-Graduação, professores e funcionários, pelo apoio e atenção.

À FAPESP, pela bolsa de estudo concedida.

E a todos que acreditam, torcem e contribuem para o meu crescimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. FOCO NA MANUFATURA	2
1.2. SITUAÇÃO ATUAL.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. MANUFATURA DISCRETA	8
2.2. PROCESSOS DE USINAGEM	9
2.2.1. Torneamento	10
2.2.2. Fresamento	11
2.2.3. Retificação.....	12
2.3. SISTEMAS DE SUPERVISÃO, CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS (SCADA).....	13
2.3.1. Funcionalidades.....	15
2.3.2. Benefícios.....	19
2.4. SENSOREAMENTO	19
2.5. REDES DE CAMPO.....	20
2.6. BASE DE DADOS	21
2.6.1. Modelos de Dados.....	22
2.6.2. Data Warehouse.....	23
2.6.3. Data Mining	23
2.7. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO (SAD).....	24
2.8. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	25
2.9. <i>COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING – CIM / INTEGRAÇÃO DE EMPRESAS</i>	29
2.10. PROCESSOS DE NEGÓCIO (<i>BUSINESS PROCESS</i>).....	30
2.11. MODELAGEM DE PROCESSOS	31
2.12. GESTÃO DA PRODUÇÃO.....	32
2.13. SISTEMAS ERP.....	38

3. SISTEMA DE MANUFATURA	41
3.1. MODELO ANALÍTICO PARA UM SISTEMA DE MANUFATURA	44
3.1.1. Automação	46
3.1.2. Metodologias Tecnológicas.....	46
3.2. INTEGRAÇÃO DAS ATIVIDADES DO SISTEMA DE MANUFATURA	47
4. SISTEMA DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE-FÁBRICA	50
4.1. ASPECTOS GERAIS.....	50
4.2. INFORMAÇÕES DE CHÃO-DE-FÁBRICA	53
4.2.1. Informações Gerenciais	54
4.2.2. Informações Tecnológicas	55
5. ARQUITETURA DO SISTEMA	57
5.1. SUB-SISTEMAS	58
5.1.1. Sensoamento	58
5.1.2. Rede de Campo.....	59
5.1.3. Software de Supervisão.....	61
5.1.4. Base de Dados Operacional da Produção	63
5.1.5. Diagnóstico do Chão-de-Fábrica	64
5.2. INTEGRAÇÃO DOS SUB-SISTEMAS	65
5.3. INTEGRAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	68
6. IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE-FÁBRICA	70
6.1. METODOLOGIA DE GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS	70
6.2. CENÁRIOS DE IMPLANTAÇÃO	75
6.2.1. Conceito	75
6.2.2. Definição dos Cenários.....	76
6.2.3. Escolha do Cenário Ideal.....	81
6.3. DEFINIÇÃO DAS INFORMAÇÕES	81
6.3.1. Análise do Chão-de-Fábrica	82
6.3.2. Levantamento das Necessidades do Usuário	83
6.3.3. Modelo de Referência para um Processo de Usinagem Genérico	83
6.4. ASPECTOS HUMANOS.....	88

7. ESTUDO DE CASOS	89
7.1. CASO 1 – FIM	89
7.1.1. Empresa	89
7.1.2. Projeto	89
7.1.3. Arquitetura do Sistema	92
7.1.4. Configurações do Sistema	93
7.1.5. Considerações	97
7.2. CASO 2 – EMPRESA A	98
7.2.1. Empresa	98
7.2.2. Projeto	98
7.2.3. Considerações	99
7.3. CASO 3 – EMPRESA B	100
7.3.1. Empresa	100
7.3.2. Projeto	100
7.3.3. Considerações	102
8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	103
8.1. CONCLUSÕES	103
8.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	105
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
10. APÊNDICE I – PRÊMIO INTERNACIONAL	
11. APÊNDICE II – CASO 2	
12. APÊNDICE III – CASO 3	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre Velocidade de Corte, Avanço e Profundidade de Corte no Torneamento [9].....	9
Figura 2 – Processo de Torneamento [9]	10
Figura 3 – Processo de Fresamento [9]	11
Figura 4 – Tipos de Fresamento [10]	11
Figura 5 – Exemplo de Retificação Cilíndrica Externa Longitudinal Entre Pontos [10].....	13
Figura 6 – Exemplo de Sala de Controle [11]	14
Figura 7 – Exemplo de Tela de Alarmes	15
Figura 8 – Exemplo de Relatório em Tela	16
Figura 9 – Exemplo de Gráficos de Tendências	17
Figura 10 – Projeto de <i>Software</i> [27].....	27
Figura 11 – Hierarquia de Sistemas de Controle de Manufatura [39].....	35
Figura 12 – Controle de Atividades de Produção [39].....	36
Figura 13 – Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP [41].....	39
Figura 14 – Diagrama Esquemático para o Modelo de Competitividade [41]	42
Figura 15 – Modelo Conceitual de Manufatura [43]	44
Figura 16 – Modelo para um Sistema de Manufatura	45
Figura 17 – Visão do Papel Integrador do Sistema	53
Figura 18 – Arquitetura Proposta para o Sistema de Supervisão de Chão-de-Fábrica.....	57
Figura 19 – Topologia INTERBUS [46]	61
Figura 20 – Arquitetura Simplificada (apenas uma máquina).....	66
Figura 21 – Sinal X Informação.....	67
Figura 22 – <i>TransMeth</i> Ajustada para Implantação de Sistemas de Supervisão de Chão-de-Fábrica.....	71
Figura 23 – Monitorar Quantidade	78
Figura 24 – Monitorar Ciclo.....	79
Figura 25 – Monitorar Parada	79
Figura 26 – Modelo de Referência de um Processo de Usinagem Genérico	84
Figura 27 – Detalhamento da processo USINAR	85
Figura 28 – Detalhamento do processo PARAR.....	86
Figura 29 – Eficiência e Eficácia [51]	87
Figura 30 – Arquitetura do Sistema na FIM.....	92

Figura 31 – Programação da Placa Controladora: Programa Principal	94
Figura 32 – Programação da Placa Controladora: Bloco de Função EA	95
Figura 33 – Programação da Placa Controladora: Programação (FSB) da Função EA.....	95
Figura 34 – Tela de Abertura do Sistema de Supervisão da FIM.....	96
Figura 35 – Tela Específica do Torno	96
Figura 36 – Tela Específica do Centro de Usinagem.....	97
Figura 37 – Tela Específica da Retificadora	97
Figura 38 – Informações por Máquina.....	102
Figura 39 – Arquitetura do sistema (Caso 3)	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informação X Dados [26].....	25
Tabela 2 - Processo de Decisão no Planejamento de Produção [37].....	34
Tabela 3 – Informações padrão de controle em um ERP comercial.....	54
Tabela 4 – Sensores mais Comuns	58
Tabela 5 – Informação da Produção X Sinais das Máquinas/Equipamentos.....	66
Tabela 6 – Infra-Estrutura da FIM	90
Tabela 7 – Cenários "Torno"	91
Tabela 8 – Cenários "Centro de Usinagem"	91
Tabela 9 – Cenários "Retificadora"	91
Tabela 10 – Expectativas (Caso 3)	100
Tabela 11 – Expectativas Consideradas	101
Tabela 12 – Infra-Estrutura da Linha 1 (Caso 2).....	114
Tabela 13 – Infra-Estrutura da Linha 2 (Caso 2).....	114
Tabela 14 – Infra-Estrutura da Linha 3 (Caso 2).....	116
Tabela 15 – Cenário Conjunto 1 (Caso 2)	118
Tabela 16 – Cenário Conjunto 2 (Caso 2)	118
Tabela 17 – Cenário Máquina 5 (Caso 2).....	118
Tabela 18 – Cenário Máquina 6 (Caso 2).....	119
Tabela 19 – Cenário Máquina 7 (Caso 2).....	119
Tabela 20 – Cenário Máquina 8 (Caso 2).....	119
Tabela 21 – Cenário Transportador (Caso 2)	119
Tabela 22 – Cenário Conjunto 3 (Caso 2)	120
Tabela 23 –Infra-Estrutura da Linha 1 (Caso 3).....	121
Tabela 24 – Cenário Máquina 1 (Caso 3).....	123
Tabela 25 – Cenário Máquina 2 (Caso 3).....	123
Tabela 26 – Cenário Máquina 3 (Caso 3).....	124
Tabela 27 – Cenário Máquina 4 (Caso 3).....	124
Tabela 28 – Cenário Máquina 5 (Caso 3).....	124
Tabela 29 – Cenário Máquina 6 e Placar (Caso 3).....	125

RESUMO

Em um ambiente produtivo, a falta de informações confiáveis cria, muitas vezes, uma imagem do chão-de-fábrica que não retrata a realidade, comprometendo o desempenho e diminuindo a agilidade da empresa. Neste contexto, um sistema de supervisão do chão-de-fábrica, capaz de fornecer informações confiáveis e de forma rápida, pode ser um grande diferencial para manter a competitividade das empresas de manufatura.

Este trabalho sistematiza visões e conceitos que auxiliam na implantação de sistemas de supervisão do chão-de-fábrica em empresas que utilizam operações de usinagem no seu processo produtivo. Além disso, apresenta o desenvolvimento e a implantação deste sistema na Fábrica Integrada Modelo (FIM) do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) da Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

Palavras-chave: sistemas de supervisão; usinagem; integração de chão-de-fábrica; monitoramento da produção

ABSTRACT

The lack of reliable information in a production environment creates a wrong image of the shop floor, affecting the plant's agility and its performance. A shop floor supervisory system, able to provide, in a fast way, that sort of information, can enhance the competitiveness of the manufacturing plant.

The present work shows visions and concepts that can give support to the implementation of shop floor supervisory system in manufacturing plants. It also presents the development and implementation of this kind of system in the Integrated Model Plant (FIM) of the Advanced Manufacturing Nucleus (NUMA) at São Carlos – University of São Paulo.

Keywords: supervisory systems; machining; shop floor integration; production monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, em virtude dos grandes avanços tecnológicos, mudanças geopolíticas e alterações nas condições de mercado, agilidade é uma característica indispensável para as empresas que pretendem manter a sua posição no mercado. A adequação às exigências do cliente, redução do *time-to-market*, coordenação adequada dos seus processos de negócio, aumento da qualidade e redução de custos são algumas das premissas básicas para que as empresas se mantenham competitivas [1].

Na busca por um aumento de produtividade, as empresas têm dedicado grandes esforços na reestruturação e melhoria contínua dos seus processos de negócio (principalmente os seus *core processes*). O sucesso de tais esforços depende, dentre outros fatores, da capacidade de se monitorar os processos, fornecendo informações sobre o seu desempenho e ilustrando, por exemplo, o impacto de eventuais mudanças [2].

Nas indústrias de manufatura, a produção merece uma atenção especial, haja visto que o seu desempenho traz conseqüências representativas para a empresa de um modo geral. Neste caso, a melhoria contínua do processo produtivo depende sobremaneira da qualidade das informações sobre a produção, da capacidade de se identificar problemas e possíveis causas e, ainda, da habilidade de se reconhecer novas oportunidades de melhoria [3]. Desta forma, a definição correta de quais informações são relevantes e o seu monitoramento adequado são atividades extremamente importantes, já que influem diretamente na qualidade das informações, relacionada basicamente a utilidade, confiabilidade e disponibilidade das mesmas.

Estas informações desempenham não só um papel fundamental no processo de melhoria contínua, como também são indispensáveis para garantir a agilidade e flexibilidade da empresa, mais, especificamente, do ambiente produtivo, a fim de

atender às exigências do mercado, cada vez mais severas, auxiliando na tomada de decisões mais rápidas e acertadas.

Como este monitoramento representa o *feedback* da produção, suas informações fornecem subsídios para avaliar a eficiência e eficácia do processo produtivo e/ou dos subprocessos que o compõem, pois através delas pode-se verificar a coerência entre o planejado e o realizado, em termos de utilização de recursos, prazos etc. [4] Além disso, com informações atualizadas sobre a real situação do chão-de-fábrica, é possível, por exemplo, garantir um planejamento e programação da produção mais factível, ou ainda, estimativas de custos de produção mais exatas.

Sob tais aspectos, é fácil perceber a importância de um monitoramento adequado da produção, que visa fornecer informações confiáveis e em tempo real do chão-de-fábrica, dentro de um contexto de manufatura integrada, *Enterprise Resources Planning Systems* (sistemas ERP) ou, ainda, dentro do conceito de cadeia estendida.

1.1. Foco na Manufatura

Durante muitos anos, dentro das empresas, a produção foi considerada quase que um mal necessário, suportado pelos outros setores, muitas vezes considerados mais nobres, que costumavam enxergar a fábrica como a origem principal dos problemas e a tecnologia envolvida no produtivo como um mistério insondável e desinteressante [5].

Nos últimos anos, entretanto, este panorama tem mudado e há um movimento crescente de revalorização do papel da manufatura para atingir os objetivos estratégicos da organização. As razões por trás desse renovado interesse podem ser classificadas em três categorias principais: (1) a crescente pressão por competitividade no mercado mundial, (2) o desenvolvimento de novas tecnologias de processo e gestão da manufatura que representam um grande potencial competitivo e (3) um progresso considerável no entendimento do papel estratégico da produção para atender aos objetivos globais da organização [5].

Neste contexto, destacam-se os seguintes aspectos:

- A produção pode ser uma arma competitiva poderosa, desde que bem gerenciada;
- A eficiência em custos não é a única contribuição que a produção pode dar à competitividade da organização;
- Um sistema produtivo não pode atingir um desempenho excelente em todos os critérios competitivos simultaneamente – compromissos entre os critérios devem ser reconhecidos e prioridades estabelecidas com base no que o mercado mais valoriza;
- A integração eficaz entre setores e, em particular, da manufatura com os outros setores da organização é condição necessária para que uma empresa possa encarar o desafio competitivo que ora se apresenta e;
- A complexidade intrínseca da função produzir demanda uma gestão estratégica.

Portanto, reconhecer o papel de destaque da produção numa empresa de manufatura e conhecer a realidade do ambiente produtivo são pontos-chave para as empresas que pretendem se manter competitivas no mercado globalizado.

1.2. Situação Atual

Nas indústrias de manufatura contínua são muito comuns soluções de monitoramento em tempo real, embora, muitas vezes, não contemplem características de integração. Já nas indústrias de manufatura discreta, a situação é pior, pois o uso desse tipo de sistema é restrito e as soluções são locais e dedicadas [6].

O método tradicional de monitoramento da produção, normalmente baseado em levantamentos manuais de dados, deveria fornecer uma imagem instantânea do sistema produtivo. Porém, como estes levantamentos não são feitos de forma contínua e, na maioria das vezes, não contemplam todas as informações peculiares ao processo, as análises feitas a partir destes dados são, geralmente, estáticas e restritas a um domínio muito pouco abrangente [6]. O uso de tais soluções não têm contribuído de forma efetiva, principalmente quando se tratam de processos mais complexos como os de usinagem, caracterizados por inúmeras variáveis e sujeitos a vários perturbadores. Isso não só dificulta um monitoramento contínuo, como deixa os resultados de uma análise estática muito aquém da realidade.

O desenvolvimento de soluções integradas de monitoramento da produção em indústrias de manufatura discreta não é tarefa simples, pois além da necessidade de um alto nível de tecnologia (sistema de monitoramento em tempo real, sistema de supervisão, controle e aquisição de dados, base de dados única e integrada etc.) [7], as especificidades dos processos exigem pessoal especializado. Particularmente nas empresas cujo processo produtivo envolve operações de usinagem, a definição de quais informações são relevantes bem como o seu monitoramento podem se tornar atividades bastante complexas, pois tais operações englobam inúmeros eventos e variáveis, e estão sujeitas a uma série de imprevistos. Porém, apesar da pouca aplicação deste tipo de solução nas indústrias de usinagem, a sua demanda tem crescido acentuadamente.

A dificuldade de formação de uma equipe multidisciplinar nas áreas de usinagem, sistemas de monitoramento e supervisão, bases de dados e integração, aliada à falta de uma metodologia que sistematize o projeto, desenvolvimento e implantação destas soluções têm se apresentado como os principais entraves para sua ampla utilização.

1.3. Objetivos

Este trabalho busca dar uma contribuição para implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica em indústrias de usinagem, embora a maioria dos conceitos envolvidos no desenvolvimento e implantação desse sistema e, principalmente, os benefícios provenientes do seu uso sejam perfeitamente aplicáveis em qualquer sistema de manufatura discreta.

O principal objetivo do trabalho é sistematizar visões e conceitos, relacionados à concepção, construção e integração do sistema de supervisão de chão-de-fábrica, visando a sua implantação. Para tanto, é proposta uma arquitetura para o sistema, considerando tecnologias modernas, consagradas e amplamente utilizadas em outros tipos de indústria, como as de processos contínuos.

Um aspecto importante do trabalho, e talvez uma das suas maiores contribuições no sentido de sistematizar a implantação deste tipo de sistema, é a definição de cenários de implantação. Estes cenários são construídos segundo as funcionalidades que o sistema deve apresentar, em virtude das necessidades e restrições do usuário e considerando as peculiaridades do chão-de-fábrica em

questão. Assim, a escolha do cenário ideal de implantação do sistema é um julgamento que deve buscar determinar, dentre as opções, qual atende plenamente, ou de forma mais completa, as expectativas do usuário em termos de informação sobre o ambiente produtivo. Devem ainda ser analisados os aspectos tecnológicos, que visam a melhoria do desempenho do chão-de-fábrica, e os aspectos de integração com os demais sistemas de informação da empresa, a fim de fornecer para a mesma uma visão única do ambiente fabril.

Para auxiliar o desenvolvimento do trabalho e, ao mesmo tempo, validar algumas propostas apresentadas, foi implantado um sistema de supervisão de chão-de-fábrica na Fábrica Integrada Modelo (FIM) do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) da Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Essa parte da pesquisa é apresentada em um dos estudos de caso desta dissertação.

Além desse estudo, são apresentados mais dois casos, resultados de trabalhos desenvolvidos junto a indústrias automotivas, que auxiliaram sobremaneira no entendimento e constatação da relevância do tipo de monitoramento proposto no trabalho e, principalmente, indicaram alguns dos pontos críticos a serem priorizados na definição dos cenários de implantação.

1.4. Estrutura da Dissertação

A dissertação está dividida em 8 capítulos. Este (Capítulo 1) apresenta uma introdução ao assunto tratado no trabalho e os seus principais objetivos.

O Capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica que abrange os principais assuntos relacionados à concepção e construção de um sistema de supervisão de chão-de-fábrica para indústrias de manufatura. Estes assuntos são apresentados de forma breve, com o intuito de fornecer apenas uma visão geral, que auxilie no entendimento do contexto no qual se encaixa o trabalho e, também, na familiarização com os principais aspectos tecnológicos envolvidos no desenvolvimento desse sistema.

O Capítulo 3 apresenta alguns conceitos e visões sobre sistemas de manufatura e ressalta a importância desse tipo de sistema de supervisão enquanto diferencial competitivo para as indústrias.

No Capítulo 4, o sistema de supervisão de chão-de-fábrica é apresentado de uma maneira macro, ou seja, são discutidos assuntos relacionados às informações da produção e ao potencial integrador desse sistema.

Aspectos mais tecnológicos do sistema são tratados no Capítulo 5, que traz uma proposta de arquitetura para o sistema de supervisão. Aqui, são apresentados os seus principais sub-sistemas e a forma com que eles estão integrados.

O Capítulo 6 trata da implantação do sistema. É apresentada, inicialmente, uma breve descrição de uma metodologia para o gerenciamento de transformações organizacionais que vem sendo desenvolvida através do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA), adequada para o caso de implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica. Ainda neste capítulo, são discutidos os principais aspectos relacionados à definição das informações e, também, é apresentado o conceito de cenários de implantação e suas características mais relevantes.

O Capítulo 7 apresenta o estudo de três casos. O primeiro trata do desenvolvimento e implantação do sistema de supervisão de chão-de-fábrica, na Fábrica Integrada Modelo (FIM) do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) da Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Os outros dois casos são resultados de projetos desenvolvidos junto às empresas multinacionais da área automotiva.

Finalmente, o Capítulo 8 traz as considerações finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta um conjunto de conhecimentos envolvidos no desenvolvimento e implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica para empresas de manufatura.

Enquanto conhecimentos, entende-se conceitos e filosofias (conhecimentos mais amplos que criam um embasamento teórico e fornecem diretrizes para a implantação de métodos, técnicas, sistemas, ferramentas e soluções), técnicas e métodos (conhecimentos que normalmente são estruturados em passos, ou relacionados com algo específico, para atingir um determinado objetivo), e ferramentas e sistemas (conhecimentos relacionados a produtos comerciais, que, normalmente, se apresentam como uma ferramenta associada a um conceito e/ou método) [8].

Como se trata de um projeto multidisciplinar, os conhecimentos envolvidos estão relacionados com áreas bastante distintas, que são a base para o desenvolvimento e implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica em empresas de manufatura. No que tange ao desenvolvimento do trabalho, tais conhecimentos podem ser encarados sob os aspectos de concepção e construção.

A concepção do projeto está intimamente relacionada aos conhecimentos que auxiliam na definição de quais funcionalidades o sistema deve apresentar e, no âmbito mais geral, dentro de que contexto ele se encaixa. A construção está relacionada em grande parte às ferramentas e sistemas que possibilitam a sua implementação.

Alguns dos conhecimentos apresentados a seguir estão vinculados exclusivamente a um destes aspectos (concepção ou construção), já outros contribuem, significativamente, para ambos.

Além disso, são apresentados conhecimentos que contribuem para a formação de uma visão mais completa e abrangente da empresa ou do negócio,

permitindo a construção de imagem única e sintética de todos seus elementos que, normalmente, podem ser relacionados a visões parciais que abrangem suas estratégias, atividades, informações, recursos e organização [8].

Estes conceitos, métodos, ferramentas e sistemas, descritos nos itens subsequentes, poderiam ser agrupados da seguinte forma:

- **Desenvolvimento do Sistema:** Manufatura Discreta, Processos de Usinagem, Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA), Sensoreamento, Redes de Campo, Base de Dados, Sistemas de Apoio à Decisão e Sistemas de Informação;
- **Aspectos de Integração:** *Computer Integrated Manufacturing* – CIM / Integração de Empresas, *Business Process* (Processos de Negócio) e Modelagem de Processos;
- **Sistemas Relacionados:** Gestão da Produção e *Enterprise Resource Planning Systems* (Sistemas ERP).

2.1. Manufatura Discreta

Manufatura é um termo genérico em economia para designar a produção de bens, agregando valor ao produto através de aplicação de trabalho físico e/ou mental. Os processos de manufatura, em conjunto, formam o sistema de manufatura, que processa entradas em produtos finais específicos. Já o sistema de produção se refere a todos os recursos da empresa, inclusive o sistema de manufatura [9].

O arranjo das máquinas/equipamentos (freqüentemente chamado de *layout* de chão-de-fábrica) define o projeto do sistema de manufatura que pode ser: *job shop*, *project shop*, em linha, em célula de produção ou processo contínuo.

Na manufatura discreta, os processos envolvem a produção de peças, caracterizada pelo funcionamento intermitente dos equipamentos. O termo processo, normalmente, implica em uma seqüência de passos, operações ou mesmo processos para a produção de bens e uma máquina pode realizar uma simples operação (como cortar um tarugo) ou processar um componente inteiro.

Neste projeto, o foco está na manufatura discreta, mais especificamente em sistemas de manufatura compostos por processos de usinagem que utilizam máquinas-ferramentas.

2.2. Processos de Usinagem

Atualmente, uma grande parte dos produtos manufaturados necessitam de algum tipo usinagem durante o seu processo de fabricação, seja uma remoção grosseira de material ou um trabalho de alta precisão. Portanto, a usinagem é um dos processos básicos de manufatura mais importantes [9].

Usinar é o processo de remover uma determinada camada de material de uma peça através da formação de cavaco, utilizando uma ferramenta de corte ou abrasiva. A formação do cavaco influencia diversos fatores ligados à usinagem, tais como o desgaste da ferramenta, os esforços de corte, o calor gerado durante a operação e a penetração do fluido de corte [10]. Para todos os processos de usinagem, é necessária a distinção entre velocidade de corte, avanço e profundidade de corte (Figura 1). Em geral, a velocidade é o movimento primário de corte e representa a velocidade de rotação da peça em relação à ferramenta de corte. O avanço representa a quantidade de material removida por revolução ou passo da ferramenta sobre a peça. E a profundidade de corte representa a terceira dimensão, que no torneamento, por exemplo, é o quanto a ferramenta está mergulhada na peça.

Figura 1 – Relação entre Velocidade de Corte, Avanço e Profundidade de Corte no Torneamento [9]

Os movimentos entre a ferramenta e a peça durante a operação, que podem ser ativos ou passivos, são aqueles que permitem a ocorrência do processo de

usinagem. Tanto os movimentos ativos quanto os passivos são muito importantes, pois a eles estão associados tempos que, somados, resultam no tempo total de produção (fabricação) [10].

Os principais processos básicos de formação de cavaco são fresamento, torneamento, furação, brochamento, formação (de engrenagens), serramento e retificação [9]. A seguir, serão descritos, sucintamente, apenas o torneamento, o fresamento e a retificação, pois além de serem os mais utilizados, são os processos de usinagem escolhidos para a fabricação do eixo que será produzido na Fábrica Integrada Modelo (FIM) do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) durante a etapa experimental do trabalho.

2.2.1. Torneamento

Torneamento é a usinagem de cilindros externos e superfícies cônicas gerando formas cilíndricas com uma ferramenta de ponta única. Por ser a operação de usinagem mais usada nas indústrias, o torneamento tem sido alvo de várias pesquisas e, com isso, possui um processo altamente otimizado [10].

As operações de torneamento podem ser subdivididas em duas classes: torneamento cilíndrico – realizado com a peça presa entre centros, e torneamento com placa – realizado com a peça presa à placa numa de suas extremidades, com ou sem suporte na outra extremidade.

O torneamento é a combinação dos movimentos de avanço da ferramenta e rotação da peça [Figura 2]. O avanço da ferramenta pode ser ao longo do eixo da peça, o que significa que seu diâmetro será reduzido, e no sentido do centro da peça, diminuindo seu comprimento. Em alguns casos, o avanço da ferramenta pode ser a combinação dessas duas direções, resultando em superfícies cônicas.

Figura 2 – Processo de Torneamento [9]

2.2.2. Fresamento

O fresamento é uma operação de usinagem caracterizada por uma ferramenta, chamada fresa, que é provida de arestas cortantes dispostas simetricamente em torno de um eixo. O movimento de corte é proporcionado pela rotação da fresa ao redor do seu eixo e o movimento de avanço é geralmente feito pela própria peça que está fixada na mesa da máquina [10] (Figura 3).

Figura 3 – Processo de Fresamento [9]

O fato de a fresa se apresentar sob as mais diversas formas confere a esta operação um caráter de versatilidade, em termos das possibilidades de geometrias geradas.

Segundo a posição do eixo-árvore da máquina-ferramenta, o fresamento é classificado em horizontal, vertical ou inclinado [10]. Já a disposição dos dentes ativos da fresa classifica a operação em (Figura 4):

Figura 4 – Tipos de Fresamento [10]

- Fresamento tangencial: operação na qual os dentes ativos estão na superfície cilíndrica da ferramenta – o eixo da fresa é paralelo à superfície que está sendo gerada. O fresamento tangencial pode ser concordante ou discordante e as ferramentas são chamadas de fresas cilíndricas ou tangenciais.
- Fresamento frontal: operação na qual os dentes ativos da fresa estão na superfície frontal da ferramenta – o eixo da fresa é perpendicular à superfície que está sendo gerada. No fresamento frontal, as ferramentas são chamadas de fresas frontais ou de topo.

Debaixo destas classificações básicas de fresamento, existem diversos tipos e formas de fresas para usinagem dos mais variados tipos de geometria.

2.2.3. Retificação

A retificação é um processo de usinagem muito utilizado na indústria metal-mecânica e, em geral, é um processo de acabamento. Dentre as suas principais características, destacam-se a possibilidade de obtenção de tolerâncias apertadas, de baixas rugosidades e baixa remoção de cavaco. Porém, algumas vezes, a retificação é utilizada como operação intermediária para geração de superfícies de referência [10].

A retificação é um processo de usinagem por abrasão cuja ferramenta é denominada rebolo. O rebolo é um corpo, em geral cilíndrico, formado por material aglomerante, que tem a função de reunir os inúmeros e pequenos grãos abrasivos, que vão entrar em contato com a peça e realizar a usinagem. Cada grão abrasivo retira uma quantidade minúscula de material da peça, o que confere a retificação a possibilidade de obtenção de tolerâncias bastante apertadas [10].

Os processos de retificação podem ser classificados segundo a dureza da peça usinada e segundo a superfície a ser usinada. De acordo com o primeiro critério, a retificação pode ser mole (quando realizada antes do tratamento térmico) ou dura (quando realizada após o tratamento térmico). Segundo a superfície a ser usinada, a retificação segue a seguinte classificação:

▪ Retificação Cilíndrica	Externa	Entre Pontos	Mergulho
			Longitudinal
		<i>Centerless</i>	Mergulho
			Passagem
	Interna	Oscilante	
		Mergulho	
▪ Retificação Plana	Tangencial		
	Frontal		
▪ Retificação de Perfis

Figura 5 – Exemplo de Retificação Cilíndrica Externa Longitudinal Entre Pontos [10]

2.3. Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA)

SCADA é a sigla para *Supervisory Control and Data Acquisition*, um sistema composto por um conjunto de ferramentas avançadas para atender às necessidades de gerenciamento de processos, que possibilita a comunicação com diversos sistemas e é utilizado desde plantas industriais até automação predial.

Através de um ou mais computadores ligados a uma rede de equipamentos eletrônicos de chão-de-fábrica, o sistema é capaz de fornecer informações instantâneas do processo monitorado (tais como: peças produzidas, tempo de máquina parada, motivos de parada, tempo de ciclo etc.), além de poder, também, realizar o controle do processo em questão [11].

A utilização destes sistemas é muito comum em indústrias de processos contínuos, consequência da própria natureza destes processos que exigem monitoramento e controle em tempo real. Nestas indústrias, o conceito de sala de controle, ilustrado na Figura 6, é bastante desenvolvido.

Figura 6 – Exemplo de Sala de Controle [11]

Nesta sala os operadores acompanham o funcionamento dos equipamentos, através de interfaces gráficas especialmente desenvolvidas para auxiliar a visualização dos processos e a solução de problemas do chão-de-fábrica [12].

A arquitetura de um sistema de supervisão é composta por quatro elementos básicos: (1) *software* de supervisão (SCADA), (2) rede de comunicação, (3) estações remotas de I/O e (4) instrumentos de campo [12]. As estações remotas, através da rede de comunicação, informam ao *software* de supervisão o *status* de cada um dos instrumentos de campo. O sistema de supervisão deve ser capaz de coletar os dados e transformá-los em informações para o usuário em um tempo menor que os eventos possam ocorrer no chão-de-fábrica, de modo a permitir análises em tempo real e respostas eficientes a tais eventos [13].

Porém, como o sistema gera um grande número de informações, avaliar de forma clara as mudanças e escolher a opção correta, em determinadas situações,

depende de um tratamento adequado das informações. Neste caso, alarmes, relatórios e gráficos de tendências são funcionalidades indispensáveis e extremamente importantes em qualquer *software* de supervisão.

2.3.1. Funcionalidades

Alarmes

Os alarmes são usados para indicar rapidamente quaisquer condições anormais. Esta condição pode ser o *status* de um equipamento (motor desligado, por exemplo), um índice calculado a partir de um valor alvo ou um valor inadequado de alguma variável analógica. Os alarmes, normalmente, possuem diferentes prioridades para cada tipo de condição, que podem variar desde baixa ("somente para informação") até muito alta ("emergência"). Em qualquer um dos casos, o sistema deve apresentar esta indicação de alarme com tempo suficiente para que o usuário possa tomar as devidas providências. Além disso, o sistema pode organizar logicamente as informações e dados esperados (alvo), realizar comparações e cálculos e criar alarmes para mostrar ao usuário mudanças nas condições presentes de operação de um equipamento ou do chão-de-fábrica como um todo [13].

Figura 7 – Exemplo de Tela de Alarmes

O estudo do funcionamento de um equipamento específico ou de um conjunto de equipamentos, através de informações armazenadas historicamente no sistema,

pode reconstruir a realidade de um fato acontecido no passado, auxiliando no entendimento de possíveis falhas ocorridas ou de condições presentes de operação.

Relatórios

Os relatórios são usados para gerar informações para fora do sistema. Estes relatórios podem conter desde informações relacionadas ao fechamento de uma ordem de produção até informações altamente detalhadas sobre o funcionamento de um equipamento específico dentro de um determinado período de tempo [13].

DATA/HORA	EVENTO
07/01/98 14:07:16	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 0.01 PELO Sr. IVALINO
07/01/98 14:10:02	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 1.00 PELO Sr. IVALINO
09/01/98 09:59:28	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 1.00 PELO Sr. IVALINO
09/01/98 10:05:37	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 1.00 PELO Sr. IVALINO
09/01/98 10:21:00	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 0.50 PELO Sr. IVALINO
10/01/98 09:39:59	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 0.50 PELO Sr. IVALINO
10/01/98 09:45:30	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 0.50 PELO Sr. IVALINO
20/01/98 16:46:10	ALTERADO O FATOR DA TDO1 PARA 0.50 PELO Sr. IVALINO
21/01/98 13:39:38	REALIZADA TAPA NA TDO1 PELO Sr. IVALINO-- TAPA ANTERIOR: 0 Kg TAPA ATUAL: -8Kg
22/01/98 19:17:07	ZERADO HORÍMETRO DO PC02 PELO Sr. IVALINO
22/01/98 19:17:19	ZERADO HORÍMETRO DA VPO1 PELO Sr. IVALINO
22/01/98 19:17:34	ZERADO HORÍMETRO DA TDO1 PELO Sr. IVALINO
24/01/98 08:57:26	ENCERRADO O APLICATIVO PELO Sr. IVALINO
24/01/98 09:43:02	ACESSADO SISTEMA DE CADASTRAMENTO DE USUÁRIOS PELO Sr. IVALINO
24/01/98 09:49:37	ACESSADO SISTEMA DE TROCA DE SENHA PELO Sr. RODRIGUES
24/01/98 09:54:23	REALIZADA TAPA NA TDO1 PELO Sr. RODRIGUES-- TAPA ANTERIOR: -8 Kg TAPA ATUAL: -12Kg

Data da Pesquisa: ☒ Eventos ☐ Análises ☐ C DRIVE
 Início: 01/08/97 ☐ Acidulação ☐ Hor. movagem
 Fim: 01/12/98 ☐ Movagem ☐ Hor. acidulação

Figura 8 – Exemplo de Relatório em Tela

Os sistemas de supervisão atuais são capazes de gerar informações extremamente confiáveis (de alta qualidade) em virtude de uma coleta de dados cada vez mais precisa. Além disso, a comunicação com bases de dados possibilita uma “fotografia” mais completa sobre o funcionamento do chão-de-fábrica em um determinado período. Isto supre uma grande necessidade atual e crescente de guardar as informações importantes, e ser capaz de relatá-las de qualquer forma e a qualquer momento [13].

Gráficos de Tendências

Estes gráficos são usados para estudar as características recentes de operação do equipamento (ou de um conjunto) a fim de entender mudanças

presentes e futuras do processo, além de fornecer informações para avaliar a sua resposta a novas condições de operação.

Figura 9 – Exemplo de Gráficos de Tendências

Além de analisar variáveis específicas, os gráficos de tendências podem estar ilustrando as condições de um determinado índice, como por exemplo, ritmo de produção em peças/hora. Através deste gráfico pode-se tirar conclusões importantes sobre o funcionamento de uma linha inteira e prever eventuais mudanças [13].

Protocolos Abertos de Comunicação

OPC (OLE for Process Control)

Os *softwares* de supervisão, normalmente, possuem vários *drivers* de comunicação, sendo específicos para cada fabricante ou modelo de *hardware*. Com a falta de um padrão, estes *drivers* são proprietários e, muitas vezes, diferentes para modelos de *hardware* de um mesmo fornecedor [14].

OPC (*Object Linking and Embedding for Process Control*) é uma tecnologia recente que define objetos padrões, métodos e propriedades para a comunicação entre vários *softwares* e equipamentos, utilizando OLE e COM/DCOM da Microsoft. Ele surgiu com a necessidade de um protocolo de comunicação padrão entre vários fornecedores de *software* e *hardware* para automação industrial. Com o OPC é possível utilizar um único *Driver OPC Client* e comunicar com vários equipamentos de diferentes fabricantes que possuam um *Driver OPC Server*.

OPC *servers* e *clients* são aplicativos de *software* que podem estar dentro de um *hardware*. *Servers* são aplicações que respondem enviando as informações

requisitadas e *clients* são aplicações que requisitam informações ou enviam instruções. Os *clients* podem requisitar a conexão com o *server* temporariamente (para ler ou escrever valores) ou continuamente. Uma aplicação pode funcionar como *server* e *client* ao mesmo tempo e, em uma mesma rede, é possível ter vários *clients* e *servers* trocando dados entre si, de diferentes fornecedores de *hardware* e *software* [14].

ODBC (Open Data Base Connectivity)

ODBC (*Open Data Base Connectivity*) significa conexão aberta com banco de dados e é um protocolo de comunicação desenvolvido pela Microsoft para acesso a base de dados através da comunicação com aplicativos *Windows* [15]. Esse protocolo foi projetado para permitir que aplicações *Windows* tenham acesso a múltiplos dados através de um método simples sem considerar os diversos formatos dos arquivos de dados. Além disso, com o ODBC é possível superar o problema de bases de dados diferentes que, por sua vez, apresentam diversos meios de prover acesso às suas informações e simplificar o acesso de forma que o usuário não tenha necessidade de um alto grau de conhecimento técnico.

O protocolo ODBC proporciona ainda os seguintes benefícios [15]:

- SQL (*Structured Query Language*) como método de acesso aos dados;
- Simplificação no desenvolvimento de aplicações através do fácil acesso a múltiplas bases de dados;
- Eliminação de problemas com aplicações de diferentes versões de base de dados (mudanças nos serviços da rede, servidores e base de dados não causam impactos sobre aplicações que usam ODBC) e;
- Melhoria nos processos de tomada de decisão uma vez que os usuários têm fácil acesso às informações contidas nas diversas bases de dados.

Outras Funcionalidades

Os sistemas de supervisão possuem ainda [13]:

- **Aquisição de dados:** aquisição de dados das estações remotas de I/O via *drivers* de comunicação;

- **Controle:** Controle automático em malha fechada ou controle via atuação do operador;
- **Displays de Processo:** Representações gráficas dos equipamentos de campo atualizadas automaticamente para retratar uma situação atual;
- **Stand by:** Sistemas duplicados em espera com a capacidade de tomar o controle no caso de uma falta do sistema principal;
- **Interfaces com Outros Sistemas:** Transferência de dados para sistemas corporativos;
- **Segurança:** Controle de acesso por usuário aos vários componentes do sistema;
- **Gerenciamento da Rede:** Monitoramento das condições de comunicação da rede e;
- **Gerenciamento de Base de Dados:** Comunicação com base de dados via ODBC.

2.3.2. Benefícios

Dentre os principais benefícios provenientes da utilização de sistemas SCADA, podemos citar [11]:

- Informações instantâneas;
- Redução no tempo de produção;
- Redução de custos de produção;
- Precisão das informações;
- Detecção de falhas;
- Aumento da qualidade e;
- Aumento da produtividade.

2.4. Sensoreamento

O monitoramento dos sistemas de usinagem é necessário para assegurar um ótimo desempenho dos processos e das máquinas. O foco do monitoramento pode

ser a máquina (monitoramento do desempenho e diagnósticos), a ferramenta (desgaste, alinhamento, lubrificação), a peça (dimensões e geometria, rugosidade, tolerâncias) e o próprio processo (formação de cavaco, temperatura, energia consumida, número de peças).

O uso de sensores para monitorar a máquina e o próprio processo está se tornando cada vez mais comum nas indústrias de manufatura, no sentido de aumentar a produtividade e reduzir os custos, devido, principalmente, à sua confiabilidade. Sistemas com múltiplos sensores, onde há uma integração das informações provenientes de diferentes sensores com o objetivo de caracterizar melhor e com mais robustez a máquina ou processo, também têm marcado sua presença no ambiente industrial [16]. Os sensores mais comuns utilizados na indústria são emissão acústica, força, potência e vibração.

2.5. Redes de Campo

A crescente busca por informações mais rápidas e confiáveis do chão-de-fábrica nas indústrias de manufatura tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias de informação. As estratégias antigas e centralizadas de controle de chão-de-fábrica estão dando lugar a um sistema de controle distribuído, onde há uma integração, e conseqüente interoperabilidade, entre os instrumentos, equipamentos e dispositivos presentes no nível mais baixo de uma hierarquia de automação [17].

O desenvolvimento técnico na área de equipamentos de instrumentação de campo é caracterizado pela introdução de instrumentos de campo baseados em microprocessadores, que possibilitaram uma comunicação inteligente e a troca de informação entre sensores, atuadores e equipamentos de controle nas indústrias. A comunicação bidirecional entre a sala de controle (*cockpit* de controle) e o chão-de-fábrica tem se tomado uma realidade, o que revolucionou a maneira pela qual a engenharia, supervisão, manutenção e operação se comunicam. Funções que eram, tradicionalmente, executadas no chão-de-fábrica podem, agora, ser executadas diretamente no *cockpit* de controle, ou mesmo, na mesa de um gerente.

As diversas funcionalidades dos equipamentos de campo modernos estão ligadas ao uso de sistemas de comunicação digital (*fieldbus*), os quais podem

fornecer informações mais precisas de parâmetros do processo, além de *status* e diagnóstico da produção [18].

O *fieldbus* é um protocolo de comunicação digital, serial, bidirecional, multiponto, multiplexada que interconecta sensores, atuadores e equipamentos de controle [19]. No chão-de-fábrica, ele funciona como uma rede LAN (*Local Area Network*) para instrumentos usados no controle de processos e aplicações de automação da manufatura e tem uma característica intrínseca de distribuir a aplicação de controle através da rede [17].

Atualmente, existe uma quantidade razoável de protocolos de comunicação *fieldbus* disponíveis no mercado, compondo um universo no qual o usuário pode escolher uma opção com base nos requisitos particulares de cada aplicação industrial, de forma a atender adequadamente a todas as suas necessidades [20].

2.6. Base de Dados

Os dados são um grupo de símbolos não aleatórios que representam entidades de uma realidade em questão (quantidades, ações, eventos, tempos etc). O dado, como bem da empresa, deve ser armazenado, atualizado, compartilhado e disponibilizado. Além disso, deve ser de fácil interpretação e ser exato. Quando este dado é, de alguma maneira, processado para um determinado fim, se transforma em informação e são estas informações que fornecem aos usuários subsídios para tomada de decisões, avaliação de resultados ou quaisquer outros propósitos.

Uma base de dados pode ser definida como uma coleção de dados operacionais logicamente inter-relacionados [21]. Estes dados, armazenados de forma independente dos programas que os utilizam, servem às múltiplas aplicações de uma organização. Uma base de dados deve ser projetada, construída e preenchida com dados para um propósito específico, representando algum aspecto do mundo real, a fim de servir a um grupo de usuários através de aplicações pré-concebidas.

O Sistema Gerenciador de Base de Dados (SGBD) é uma coleção de programas que permitem aos usuários a criação e manipulação de uma base de dados. Um SGBD é, portanto, um sistema de software de propósito geral que

facilita o processo de definir, construir e manipular bases de dados de diversas aplicações.

A definição de uma base de dados envolve, basicamente, a especificação dos tipos de dados que serão armazenados. Sua construção é o processo de armazenagem dos dados através de algum meio que seja controlado pelo SGBD. E a manipulação da base de dados indica a utilização de funções tais como consulta (para recuperar dados específicos), modificação da base de dados (para refletir mudanças no mundo real) e geração de relatórios [22].

A utilização de SGBD é dispensável em casos onde as aplicações são simples, bem definidas e sem nenhuma expectativa de mudanças ou, ainda, quando existirem restrições de tempo que não possam ser atendidas por um SGBD e quando não for necessário o acesso multiusuário.

2.6.1. Modelos de Dados

Um Modelo de Dados é um conjunto de conceitos usados para descrever a estrutura de uma base de dados. Esta estrutura é composta pelos tipos de dados, relacionamentos e restrições pertinentes a eles. Muitos modelos de dados definem, ainda, um conjunto de operações para especificação de como recuperar e modificar a base de dados. A seguir são apresentados os modelos de dados mais comuns [21]:

- **Modelo Hierárquico:** Organiza os dados em uma estrutura hierárquica (estrutura em árvore);
- **Modelo de Redes:** Organiza os dados em uma estrutura formada por várias listas que define uma intrincada rede de ligações;
- **Modelo Relacional:** Organiza dados em um conjunto de relações (tabelas). Atualmente, é o modelo de dados dominante no mercado.
- **Abordagens Pós-Relacionais:** modelos definidos para atender às necessidades de aplicações, cujas entidades apresentam uma estrutura que não se adapta à organização relacional de dados. Os modelos mais comuns são: orientado a objetos (suporta a representação de objetos complexos); temporais (suporta a representação de versões de dados no tempo), dedutivos (suporta regras para a dedução de dados a partir de outros dados).

2.6.2. Data Warehouse

Data Warehouse, ou armazém de dados, é uma base de dados de apoio ao processo decisório de empresas, orientado aos seus principais assuntos ou negócios, integrado, não volátil e variável no tempo. Ele permite a tomada de decisão baseada em fatos, pois reúne informações dispersas por diversas bases de dados e plataformas, aumentando a eficácia das análises e transformando dados esparsos em informações estratégicas, antes inacessíveis ou subaproveitadas [23].

As principais ferramentas utilizadas em um *Data Warehouse* são ferramentas para armazenamento e extração de dados, transformação de dados, refinamento ou limpeza de dados, repositórios de metadados, transferência de dados e replicação, gerenciamento de consultas e gerenciamento de relatórios.

Um vez que os dados armazenados em um *Data Warehouse* servem para dar suporte aos processos decisórios, a sua confiabilidade deve ser total, eliminando-se, portanto, situações onde a qualidade dos dados pode ser afetada [24]. Tais situações podem levar a obtenção de resultados errados ou a compreensão incorreta das informações. Desta forma, a consistência e a credibilidade dos dados armazenados e dos dados gerados nas consultas e relatórios são fundamentais para que as funcionalidades básicas de um *Data Warehouse* possam ser mantidas.

2.6.3. Data Mining

Data Mining é a procura por relacionamentos e padrões globais, existentes numa base de dados, mascarados, muitas vezes, pela grande quantidade de dados. Estes relacionamentos e padrões representam um valioso conhecimento sobre o negócio, caso a base de dados seja um espelho fiel da realidade que representa [25].

O processo para descoberta de padrões a partir de dados combina diversas tecnologias. Basicamente, o *Data Mining* realiza a análise dos dados através do uso de técnicas para determinação de padrões e regularidades dentro de conjuntos de dados. As fases para extração do conhecimento são: seleção, pré-processamento, transformação, mineração e interpretação/avaliação [25].

A eficiência do *Data Mining* como uma ferramenta de apoio aos negócios tem sido comprovada através de um grande número de aplicações de sucesso. Além

disso, aplicações mais amigáveis começam a ser desenvolvidas de maneira a possibilitar a sua utilização não apenas por profissionais especialistas dentro da organização.

2.7. Sistemas de Apoio à Decisão (SAD)

O processo de tomada de decisão consiste basicamente na escolha de uma opção dentro de um conjunto de alternativas, segundo um procedimento previamente estabelecido, levando em consideração informações que descrevam a situação atual do problema em questão [7].

Os Sistemas de Apoio à Decisão são sistemas que auxiliam de forma iterativa o processo de tomada de decisão. Segundo uma análise prática, estes sistemas, normalmente, apresentam as seguintes características [7]:

- São utilizados para resolução de problemas mais complexos e menos estruturados, comuns no cotidiano de gerentes e executivos.
- Tentam combinar técnicas ou modelos analíticos com funções tradicionais de processamento de dados, como acesso e recuperação de informações.
- São iterativos, fáceis de usar e apresentam interface amigável.
- São flexíveis e adaptáveis a mudanças, uma vez que as situações de tomada de decisão são extremamente mutáveis.
- São acessíveis a todos os níveis de gerenciamento da empresa, levando em conta a coordenação e a comunicação entre eles.

Desde que o ambiente seja propício, a tecnologia de informação poderá auxiliar de forma efetiva o processo de tomada de decisão, pois possibilita a obtenção de informações com melhor qualidade e maior rapidez e, em certos casos, pode inclusive sugerir novos caminhos decisórios. Porém a informatização do processo de tomada de decisão, em todas as suas etapas, não é uma atividade simples, pois exige um alto nível de tecnologia e sistemas de informação integrados e confiáveis. Além disso, o domínio de atuação do sistema deve ser bem definido e o processo de decisão deve estar bastante estruturado para que se tenha um SAD atuando efetivamente no processo inteiro (sistemas especialistas) [7].

2.8. Sistemas de Informação

Inicialmente, é importante ressaltar a diferença entre dado e informação. A informação é a compreensão do dado e um sistema de informação é composto por todos os fragmentos de dados e informações usados, armazenados ou processados em uma empresa, a fim de atender necessidades de usuários e aplicativos [1].

Esse tipo de sistema armazena fatos e conhecimentos sobre objetos de negócio que compõem o sistema produtivo. No sistema de informações, os dados são reestruturados a fim de facilitar as operações comerciais e as tomadas de decisão administrativas.

Tabela 1 – Informação X Dados [26]

Informação	Dado
idade: 38 anos	data de nascimento: 16/07/61
valor total da fatura: R\$ 2.500,00	Σ (preço unitário x quantidade)
13 km/l	(km percorrido & métrica de distância) / (consumo & métrica de volume) = 130 km / 10 litros
Quente	Medição & métrica de temperatura = 38°C
Longe	Medição & métrica de distância = 10.000 km

Os sistemas de informação não operam, necessariamente, sobre uma base computacional, pois o trânsito de objetos de informação pode ocorrer através de uma infra-estrutura logística básica como acontece, por exemplo, na simples troca de informações através de documentos em papel ou mesmo oralmente entre duas ou mais pessoas.

Entretanto, este trabalho trata de sistemas baseados em computador, que podem ser definidos como um conjunto ou disposição de elementos que é organizado para executar certo método, procedimento ou controle ao processar dados e informações [27]. Os elementos que compõem este tipo de sistema são:

- **Software:** Programas de computador, estruturas de dados e documentação correlata que servem para efetivar o método, processo ou controle lógico necessário;

- *Hardware*: Dispositivos eletrônicos (por exemplo, *CPU*, memória) que fornecem capacidade ao computador e dispositivos eletromecânicos (por exemplo, sensores, motores, bombas) que oferecem funções ao mundo externo;
- Pessoas: Usuários e operadores de *hardware* e *software*;
- Base de dados: Uma grande e organizada coleção de informações a que se tem acesso pelo *software*;
- Documentação: Manuais, formulários e outras informações descritivas que tratam o uso e/ou operação do sistema;
- Procedimentos: Os passos que definem o uso específico de cada elemento do sistema ou o contexto processual em que o sistema reside.

Dentre estes elementos, o *software* merece uma atenção especial. Ele é um elemento lógico e não físico, que pode ser definido como: (1) instruções (programas de computador) que, quando executadas, produzem certo efeito e desempenho desejados, (2) estruturas de dados que possibilitam aos programas a manipulação das informações e (3) documentos que descrevem a operação e o uso dos programas [27].

Os componentes de um sistema de informação computacional relevantes ao funcionamento do negócio são a base de dados, as funções e o usuário, ligados entre si através de mecanismos de controle de processos [28].

Assim sendo, o *hardware* e o *software* necessários ao funcionamento do sistema merecem consideração na medida em que afetam os demais componentes.

A base de dados é de fundamental importância. Nela os dados são armazenados de forma centralizada ou descentralizada e seus relacionamentos determinam as possibilidades de acesso aos dados por parte dos programas.

O conhecimento sobre o negócio, cuja implementação em sistemas se dá através da programação de *softwares* aplicativos, está incluso nos componentes das funções. Estes programas incluem também regras de decisão, tais como fórmulas matemáticas e processos organizacionais [29]. O conceito de função deve ser interpretado de forma ampla, incluindo tanto os clássicos programas destinados às questões de negócio, quanto bancos de modelos e de métodos, linguagens de

busca e sistemas de avaliação, assim como sistemas interativos baseados em inteligência artificial (sistemas especialistas).

O mecanismo de controle de processos possibilita a ligação entre a base de dados e os *softwares* aplicativos. Este controle sobre as sub-tarefas e transações pode ser temporal, lógico e espacial. Como o ambiente de negócio também pode ser descrito com base nestas três dimensões, o controle de processos possibilita a interface com o usuário, através de passos interativos [29].

Métodos de Projeto de Sistemas de Informação

O projeto de sistemas de informação se refere à análise e especificação de requisitos, constituindo a primeira das três atividades técnicas básicas: projeto, codificação e teste (Figura 10).

Neste caso, o objetivo é produzir um modelo ou representação do sistema de informação que será construído ou modificado. O processo de desenvolvimento desse modelo combina: (1) intuição e julgamento baseado na experiência em construir entidades semelhantes, (2) um conjunto de princípios e/ou heurísticas (método) que orienta a maneira pela qual os modelos são criados, (3) um conjunto de critérios que possibilita que a qualidade seja julgada e (4) um processo de interação que, por fim, levará a uma representação final do projeto.

Figura 10 – Projeto de Software [27]

A fase de projeto do *software* é fundamental para o sucesso da posterior construção e implementação de um sistema de informação baseado em computador. Nesta fase, a lógica do sistema será definida, independentemente da tecnologia posteriormente utilizada. Além disso, importantes decisões serão tomadas definindo a aplicabilidade, funcionalidade e restrições tecnológicas do futuro sistema enquanto subsistema de um sistema produtivo [29].

De fato as estatísticas têm mostrado que a maior parte do tempo utilizado, atualmente, no desenvolvimento de *software* encontra-se alocado nas atividades de projeto, ao contrário do passado, onde as atividades de codificação e teste eram as mais demoradas. Historicamente, a partir de meados dos anos 70, o problema de especificação de requisitos começou a atrair uma atenção mais séria e, a partir daí, surgiram diversas novas abordagens para a sua definição.

A grande maioria dos autores priorizava as ferramentas de documentação e convenções da análise estruturada, a qual, em vários casos, pode ajudar o analista a determinar se requisitos verdadeiros foram omitidos ou se houve introdução de preferências ou influências tecnológicas.

Entretanto, essas ferramentas e convenções endereçavam apenas parte do problema de como identificar os verdadeiros requisitos de um sistema. Ou seja, esses pioneiros da análise estruturada não forneceram orientações conceituais para que os analistas distinguissem adequadamente requisitos de sistema (características lógicas) de influências tecnológicas (características físicas) [29].

Mais recentemente, a problemática da análise de requisitos para sistemas de informação tem sido incorporada por enfoques mais amplos e que incluem, também, a consideração de outros elementos que constituem um sistema produtivo. Diversas propostas, visando sistematizar essa abordagem, a qual trata o sistema de informação enquanto componente de algo maior (o negócio como um todo), têm sido esboçadas e testadas nos anos 90. Elas baseiam-se em análises e representações dos processos de negócio e recebem a denominação genérica de Modelagem e Integração de Empresas [29].

2.9. *Computer Integrated Manufacturing* – CIM / Integração de Empresas

Nos primórdios da utilização da sigla CIM, a ênfase estava na Tecnologia de Informação. Considerava-se CIM como sendo a utilização do processamento de dados eletrônicos e o fluxo de informações auxiliado por computador em todos os setores da empresa. Atualmente, a ênfase é a Integração, que representa os processos de negócios nas suas diversas visões (estratégias, atividades, informação, recursos e organização) dentro de uma visão holística do negócio. E a Tecnologia de Informação se apresenta como recurso potencializador desta integração [30].

No entanto, o domínio do negócio, ou melhor, da manufatura de uma forma abrangente continua a ser essencial. De nada adiantaria a melhor estratégia, a melhor organização, os melhores recursos, se não existisse um domínio amplo do negócio, desde o desenvolvimento de seus produtos, até a sua comercialização e produção [30].

A Integração parte de uma visão global do negócio, onde todas as visões fazem parte de um todo unificado, sustentada pela compreensão da empresa através de seus processos de negócio (*business processes*). A Tecnologia de Informação continua a desempenhar um papel fundamental na Integração da Manufatura, pois graças aos avanços atuais e disponibilidade de equipamentos e sistemas flexíveis e de fácil interconexão é que se pode tratar da Integração como um todo [8].

A palavra integração pode significar tanto o processo de integração, como o seu resultado. Enquanto resultado, integrar é obter uma operação mais eficaz dos processos de negócio de uma empresa e entre eles, compreendendo as pessoas, máquinas e informação, de acordo com os objetivos da empresa [31]. Integrar significa unificar componentes heterogêneos de uma forma sinérgica, facilitando o acesso à informação, o controle e fluxo de material e conectando todas as funções e entidades funcionais heterogêneas. Isso melhora a comunicação, cooperação e coordenação dentro da empresa, de forma que ela se comporte como um "todo" integrado, aumentando a sua produtividade, flexibilidade e capacidade de gerenciamento de mudança [1].

Do ponto de vista da tecnologia de informação, a integração poder ser homogênea ou heterogênea. A integração homogênea parte do princípio que existe uma base de dados única para todos os aplicativos. Isto é conseguido através de sistemas de gestão integrados (ERP), que contém teoricamente todos os aplicativos que uma empresa de manufatura necessitaria. Já a integração heterogênea, como o próprio nome diz, preocupa-se em integrar sistemas distintos, desenvolvidos por fornecedores diferentes. Ela toma como base um repositório de dados, também conhecido como meta base de dados, que é uma espécie de dicionário de todos os dados que estão nas bases de dados de cada um dos aplicativos a serem integrados. A sua grande desvantagem é o armazenamento redundante de dados [30].

2.10. Processos de Negócio (*Business Process*)

Processo de Negócio compreende um conjunto de atividades realizadas na empresa. Estas atividades estão associadas às informações que manipula, aos recursos utilizados e à organização da empresa. Cada processo de negócio forma uma unidade coesa e deve ser focalizado em um tipo de negócio que, normalmente, está direcionado a um determinado mercado/cliente, com fornecedores bem definidos. Como recursos entende-se técnicas, métodos, ferramentas, sistemas de informação, recursos financeiros e todo o conhecimento envolvido. Já a organização engloba, além dos aspectos estruturais e organizacionais da empresa, os seus agentes, ou seja, as pessoas com sua qualificação, motivação etc [8].

O foco no negócio é importante, uma vez que é comum encontrar diversos negócios de uma empresa compartilhando os mesmos elementos estruturais e recursos. Isto dificulta a definição do processo de negócio e, em muitos casos, da própria operação da empresa. Nos casos em que o compartilhamento de recursos é inevitável, o conhecimento dos processos de negócio que os utilizam expõe este fato de uma forma sistemática, auxiliando, então, no seu gerenciamento (que não deixa de ser complexo). O processo de negócio é algo presente em todas as empresas, porém é mascarado, muitas vezes, por disfunções estruturais, principalmente, em empresas que ainda trabalham com uma organização

burocrática funcional. Além disso, a existência de atividades que não agregam valor ao produto também dificulta a identificação dos processos de negócio.

A identificação dos processos de negócio têm se tomado cada vez mais necessária, em virtude de novos requisitos dos clientes, competição mais acirrada e disponibilidade de tecnologia de informação mais flexível. Desta forma, consegue-se gerenciar os negócios de uma forma mais efetiva, focalizando-se nas exigências dos clientes [32].

A determinação dos processos de negócio é um ponto em comum de algumas abordagens em uso atualmente e a sua modelagem, no sentido de criar um mapa dos processos de negócio, é essencial, pois forma uma base de referência para discussões, auxiliando na obtenção sistemática de uma visão holística da empresa [8].

2.11. Modelagem de Processos

Para permitir a integração de empresas é preciso que todos os elementos que a compõem (homens, máquinas ou sistemas computacionais) sejam capazes de trocar informações entre si numa profundidade além da simples troca física de dados. Isto passa necessariamente pelo desenvolvimento de uma visão holística dentro da empresa, isto é, o desenvolvimento nos seus agentes de uma imagem única e integrada desta organização. Os modelos de empresa são um dos mecanismos que podem auxiliar as pessoas a obter esta imagem integrada da empresa [30].

Um modelo pode ser definido como uma representação (com maior ou menor grau de formalidade) da abstração de uma realidade expressa em algum tipo específico de formalismo. O modelo de empresa é um tipo específico de modelo formado por um conjunto de modelos que procuram representar as diferentes visões da empresa. É formado por um conjunto consistente e complementar de modelos, descrevendo vários aspectos de uma organização e que tem por objetivo auxiliar um ou mais usuários de uma empresa em algum propósito [1].

Portanto, modelos de empresa são representações de uma organização real que servem como uma referência comum para todos os seus membros, pois formam uma infra-estrutura de comunicação dentro da organização que pode ter

diversas aplicações. A partir deste modelo, qualquer pessoa pode adquirir uma visão geral sobre as operações, possibilitando análises, previsão de impactos das atividades ou identificação de pontos de melhorias, dentre outros. Com o apoio dos modelos de empresa é possível uma avaliação mais apurada do papel dos recursos nos processos de negócio e uma análise e projeto da integração destes recursos com os demais [30].

Atualmente, existem diversas propostas direcionadas à modelagem de empresas. Há princípios, etapas e uma grande quantidade de metodologias e ferramentas, também conhecidas como *frameworks* de modelagem. Apesar de todo este desenvolvimento e da importância que esta área vem recebendo dentro das organizações, ainda persistem grandes barreiras para a aplicação destes modelos.

2.12. Gestão da Produção

A Gestão de Produção constitui o processo de negócio responsável pela gestão dos recursos empresariais, a fim de se obter serviços e produtos [33]. Independente do sistema produtivo, da tecnologia de processo e do sistema utilizado na gestão da produção (*Manufacturing Resource Planning* - MRP, *Just in Time*- JIT, *Optimized Production Technology* - OPT etc), existem algumas atividades que são tradicionalmente inerentes à sua realização: previsão de vendas, planejamento agregado da produção, plano mestre de produção, planejamento das necessidades de materiais, controle de estoques, programação da produção, planejamento e controle da capacidade e controle da produção.

Planejamento e Controle da Produção

Basicamente, um sistema de planejamento e controle da produção fornece informações para um gerenciamento eficiente do fluxo de materiais, uma utilização eficaz de recursos, uma coordenação interna das atividades com fornecedores e uma comunicação com os clientes sobre os requisitos de mercado. Este sistema deve ser capaz de suprir efetivamente as necessidades de informação por parte dos gerentes para a tomada de decisões mais rápidas e inteligentes. Desta forma, o planejamento e a programação da produção são fundamentais na flexibilidade e eficiência de uma empresa de manufatura [34].

O planejamento da produção é uma função que centraliza vários dados da empresa, tais como demanda, produção e mercado. Porém, para a elaboração do planejamento das necessidades, são necessários também dados provenientes de outros setores da empresa, como projeto e planejamento do processo.

A programação da produção é, basicamente, uma questão de posicionamento de ordens para execução em recursos com capacidade limitada [35], uma vez que, normalmente, há a necessidade de utilização de um mesmo recurso particular por vários usuários com interesses conflitantes.

O planejamento e controle são funções distintas na manufatura e sua integração é feita de forma ineficiente pelos sistemas de planejamento de necessidades, através da comparação do plano mestre de produção e a capacidade produtiva do chão-de-fábrica.

A função de controle da produção tem o objetivo de comparar o planejamento concebido, em etapas anteriores do processo produtivo, com a realidade executada no chão-de-fábrica. Os sistemas modernos de manufatura estão sujeitos a perturbações aleatórias, que exigem um controle em tempo real para seu funcionamento efetivo [36], pois as decisões devem ser tomadas de forma rápida e baseadas na realidade. Além disso, as empresas trabalham com uma alta taxa de ocupação de recursos, o que faz que os tempos entre operações sejam pequenos, necessitando de um controle rápido. Portanto, a aquisição de dados em tempo real, de forma segura e confiável, é de extrema importância para a realização de um controle efetivo do chão-de-fábrica.

Planejamento Hierárquico da Produção

Dentre as abordagens para sistemas de Planejamento e Controle da Produção, a mais utilizada é a abordagem hierárquica que considera os diferentes horizontes de planejamento: longo, médio, curto e curtíssimo prazos (Tabela 2).

Tabela 2 - Processo de Decisão no Planejamento de Produção [37]

Prazo	Entradas	Funções do PCP	Saídas
Longo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa de Mercado ▪ Previsões de longo prazo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planejamento de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Linhas de produtos ▪ Processos de fabricação ▪ Políticas de atendimento ao cliente
Médio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Previsões de demanda de médio prazo ▪ Planos de emprego da mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plano de produção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necessidades de materiais ▪ Planos de estocagem ▪ Planos de entrega ▪ Níveis de força de trabalho
Curto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prazos de entrega ▪ Prioridades de atendimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programação da produção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ordens de fabricação ▪ Tamanhos de lote ▪ Utilização de horas extras ▪ Reserva de material
Curtíssimo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ordens de fabricação ▪ Critérios de sequenciamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liberação da produção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sequência de tarefas ▪ Requisição de recursos ▪ Designação de tarefas ▪ Coleta de dados para controle

Embora esta divisão seja relativa, pois depende claramente das características dos sistemas de produção e dos contextos ambientais que influenciam as operações da organização em questão, é uma tentativa de tratar as decisões de maneira apropriada ao nível de incertezas e importância inerentes a cada nível de planejamento.

Além disso, as esferas gerenciais, onde são tomadas as decisões e o patamar de agregação das informações, alteram-se, substancialmente, quando caminhamos de um nível de decisão de planejamento de longo prazo para aqueles de horizonte mais curto.

Controle de Chão-de-Fábrica

O controle de chão-de-fábrica engloba atividades de medição e correção de desempenho, a fim de garantir que os objetivos pré-determinados possam ser alcançados. As suas principais finalidades são [38]:

- Correção das falhas ou erros existentes: detecção de falhas ou erros – seja, no planejamento ou, na execução – para apontar medidas corretivas e;
- Prevenção de novas falhas ou erros: a correção de falhas existentes indica os meios de prevenção.

O controle apresenta padrões que podem ser classificados como: de qualidade, de quantidade, de tempo e de custo, desdobrados em quatro fases: estabelecimento de padrões, avaliação de desempenho, comparação do desempenho com o padrão e ação corretiva [38].

A Figura 11 apresenta um modelo de Controle de Chão-de-Fábrica (*Shop-Floor Control*), construído segundo uma arquitetura híbrida e referenciado nas arquiteturas propostas pelo Bureau Nacional de Padrões dos Estados Unidos (NBS - *National Bureau of Standards*) e pela ISO (*International Standards Organization*) [39].

Figura 11 – Hierarquia de Sistemas de Controle de Manufatura [39]

Este modelo reconhece dois principais sub-sistemas hierarquizados: FC (*Factory Coordination*) e PAC (*Production Activity Coordination*). O PAC encara a fábrica como uma composição de uma série de células de manufatura baseadas em produtos. Porém, como estas células não são independentes e, em geral, produtos semi-acabados fluem entre elas, é necessário um sistema mais abrangente e de mais alto nível, cuja função básica seja coordenar este fluxo entre as células. Esta função é desempenhada pelo sistema de Coordenação de Fábrica (FC) [39].

A Figura 12 apresenta uma proposta de modelo de controle de chão-de-fábrica que serve para os níveis FC e PAC. Este modelo funcional é composto por *build blocks* que são uma abstração das atividades, automatizadas ou não, que devem ser desempenhadas para o controle de Chão-de-Fábrica.

Figura 12 – Controle de Atividades de Produção [39]

A tarefa do *Scheduler* é receber as ordens de produção de um sistema de planejamento de mais alto nível e assim desenvolver um plano detalhado que determina o uso preciso dos recursos dentro de um prazo especificado. Uma boa programação depende de vários fatores como o *layout* do chão-de-fábrica, grau de complexidade das operações e da previsibilidade geral do processo de produção. Quanto mais bem projetado, simplificado e estável for processo de manufatura, mais fácil se torna o processo de programação. A programação, função do PAC, é desenvolvida levando em conta diferentes restrições e variáveis. Uma vez liberada para o chão-de-fábrica, a programação está suscetível às inconstâncias da realidade do ambiente de produção.

Os eventos inesperados são o teste real à flexibilidade e adaptabilidade de qualquer sistema e o *dispatcher* lida com esta tipo de problema, acessando as decisões de chão-de-fábrica, tomando decisões de reprogramação e, quando necessário, solicitando novas programações por parte do *scheduler*. Para funcionar corretamente, o *dispatcher* requer informações importantes, tais como:

- Programação detalhada das diferentes operações a serem executadas;
- Dados industriais estáticos que descrevem como as tarefas serão executadas e;
- Informações sobre o *status* do chão-de-fábrica.

Assim, ter acesso a informações recentes do chão-de-fábrica é essencial para que o *dispatcher* possa tomar decisões adequadas no momento de informar uma nova ordem. Na realidade, um dos maiores obstáculos para o efetivo controle de Chão-de-Fábrica é a falta de dados precisos e atualizados. O *dispatcher* pode usar diferentes algoritmos e procedimentos para assegurar que a programação seja seguida do modo mais efetivo. Quando uma decisão é tomada sobre o próximo passo a ser dado no processo de produção, o *dispatcher* envia instruções ao *mover* e ao *producer* para que estes possam dar sequência no processo de produção.

Dentro dos diferentes níveis da manufatura, desde o planejamento estratégico até o PAC, para que as decisões sejam tomadas eficientemente entre as fases, são necessárias informações consistentes, precisas e no momento adequado. O *monitor* leva as informações necessárias para o *scheduler* e *dispatcher*, facilitando as tarefas de planejamento e controle. Portanto, o papel do *monitor* é organizar os dados, provenientes do chão-de-fábrica, de forma concisa, pertinente e compreensível para o *scheduler* e o *dispatcher*.

Finalmente, o *producer* é o sistema de controle de processo, automático ou não, que tem acesso a todas as informações exigidas para executar as várias operações na estação de trabalho. A ordem principal para o *producer* vem na forma de instruções específicas do *dispatcher* e estas informações definem o lote a ser processado. O *producer* tem acesso as informações de processo dos itens e também dos dados de configuração dos lotes. Ele traduz os dados para os específicos dispositivos e informa o *monitor* quando determinadas fases de produção são completadas.

2.13. Sistemas ERP

Com o avanço da Tecnologia da Informação, as empresas passaram a utilizar sistemas computacionais para suportar suas atividades. Geralmente, vários sistemas foram desenvolvidos para atender aos requisitos específicos das diversas unidades de negócio, plantas, departamentos e escritórios. Esta fragmentação apresenta problemas, tais como a dificuldade de obtenção de informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema [8].

Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) solucionam esses problemas ao agregar, em um só sistema integrado, funcionalidades que suportam as atividades dos diversos processos de negócio das empresas. Estes sistemas surgiram a partir da evolução dos sistemas MRP (*Material Resource Planning*) [40].

Quando foram agregadas aos sistemas MRP as funções de programação mestre da produção, cálculo grosseiro de necessidades de capacidade, cálculo detalhado de necessidade de capacidade, controle do chão-de-fábrica, controle de compras e, mais recentemente, *Sales & Operations Planning*; os sistemas MRP deixaram de atender apenas as necessidades de informação referentes ao cálculo da necessidade de materiais, para atender às necessidades de informação para a tomada de decisão gerencial sobre outros recursos de manufatura. O MRP passou, então, a ser chamado de MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) [40].

Com o objetivo de ampliar a abrangência dos produtos vendidos, os fornecedores de sistemas desenvolveram mais módulos, integrados aos módulos de manufatura, mas com escopo que ultrapassa os limites da manufatura. Como exemplo, foram criados os módulos de Gerenciamento dos Recursos Humanos, Vendas e Distribuição, Finanças e Controladoria. E são esses novos sistemas, capazes de suportar as necessidades de informação para todo o empreendimento, que denominamos sistemas ERP [40].

Os sistemas ERP são compostos por uma base de dados única e por módulos que suportam diversas atividades das empresas. A Figura 13 apresenta uma estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP. Os dados utilizados por um módulo são armazenados na base de dados central para serem manipulados por outros módulos.

Figura 13 – Estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP [41]

Os módulos citados na figura acima estão presentes na maioria dos sistemas ERP. Além deles, alguns sistemas ERP possuem módulos adicionais, tais como: Gerenciamento da Qualidade, Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Manutenção, entre outros [41].

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

MES

Segundo a *Manufacturing Execution System Association* (MESA Internacional), um *Manufacturing Execution System* (MES) é um sistema de chão-de-fábrica orientado para melhoria de desempenho que complementa e aperfeiçoa os sistemas integrados de gestão (planejamento e controle) da produção. Estes sistemas destinam-se a aumentar a dinâmica dos sistemas de planejamento da

produção (MRP II, por exemplo) que não seriam capazes de lidar com aspectos como o andamento de uma ordem de produção enquanto a mesma está em progresso e com restrições de capacidade de curtíssimo prazo [40]. Um MES coleta e disponibiliza informações do chão-de-fábrica, fazendo a ligação entre o sistema de planejamento e a fábrica.

Basicamente, o MES realiza dois papéis principais. O primeiro é **controlar a produção**. Para tal, considera o que efetivamente foi produzido e como foi produzido, permitindo comparações com o planejado e, em caso de incoerências, auxiliando na tomada de ações corretivas. O segundo é **liberar ordens de produção**. Através do detalhamento da programação da produção definida pelo MRP, o sistema se preocupa em garantir que o plano seja cumprido.

Independentemente de quão bom é o planejamento, a realidade nem sempre ocorre conforme o planejado. Erros de previsão, problemas de qualidade, gargalos de capacidade, quebras, falhas de comunicação e ineficiências variadas podem prejudicar o plano, diminuindo o desempenho da produção. Os sistemas ERP, em geral, não conseguem “enxergar” estes problemas e nem sempre suprem as necessidades da organização quanto à informações de correção e prevenção. Desta forma, o MES complementa os recursos de planejamento, fornecendo informações coordenadas e detalhadas dos eventos no chão-de-fábrica à medida em que eles ocorrem [40]. As principais funcionalidades dos módulos MES encontradas nos sistemas ERP atuais são gerência de lotes de produção, gestão detalhada de recursos, alocação e coordenação de recursos humanos e ferramental, instruções de trabalho e rastreabilidade.

3. SISTEMA DE MANUFATURA

Até o início da década de 70, nos países desenvolvidos, e início da década de 90, no Brasil, o ritmo interno das organizações ainda ditava as leis de mercado e a necessidade de competição entre as organizações seguia estratégias bem definidas, com uma separação nítida de áreas de influência e atuação. Essas organizações buscavam melhorar sua produtividade, modificando sua estrutura interna, segundo as idéias e conceitos tradicionais da chamada Abordagem Clássica da Administração, que se fundamentava na departamentalização e na divisão de tarefas [42].

A partir do momento em que os mercados passaram a ser regidos pela demanda e não mais pela oferta, a diversificação e a qualidade passaram a ser requisitos básicos e o tempo de vida dos produtos, no mercado, começou a diminuir. Os sistemas produtivos tiveram que se adaptar a essas novas exigências de mercado e a arquitetura típica de uma empresa da década de 60 se tornou inadequada para a realidade dos anos 90.

Os fatores tradicionais de competitividade, tais como custos (décadas de 50 e 60) e qualidade (década de 70), não eram mais suficientes para se obter vantagens competitivas. Novos fatores como flexibilidade (década de 80) e tempo de resposta (década de 90) passaram a prevalecer [43] e a integração das atividades que compõem o Sistema de Manufatura tornou-se um diferencial competitivo, até certo ponto, indispensável.

Esta integração, porém, exige dentre outras coisas uma arquitetura organizacional em sintonia com os estímulos externos fornecidos pelo mercado. Caso a velocidade de alteração dessa arquitetura não seja equivalente a da alteração externa, ocorre a inadequação da estrutura organizacional frente às necessidades de mercado, com conseqüente perda de integração e produtividade.

Na década de 70, diante dessa falta de adequação, as empresas começaram a procurar alternativas de modernização com o intuito de aumentar sua competitividade. Porém, muitas empresas não souberam diferenciar tecnologia, como conceito tipicamente de engenharia, de competitividade, como um conceito estratégico.

A competitividade envolve a interação de diversas estímulos/variáveis externos e internos à organização, criando uma divisão clara entre o Meio Exterior e Sistema de Manufatura (Figura16). O primeiro define os padrões de competitividade num determinado período de tempo ou época e o segundo, por sua vez, responde a tais padrões através da organização de suas atividades internas, de modo a atender aos atributos pré-requisitos de competitividade [43].

Figura 14 – Diagrama Esquemático para o Modelo de Competitividade [41]

Os estímulos externos exercem uma influência fundamental sobre a estrutura organizacional e, conseqüentemente, sobre a competitividade de um Sistema de Manufatura. As fontes básicas desses estímulos são o desenvolvimento científico e tecnológico, a sociedade e a política e, é claro, o mercado consumidor.

Essas três fontes interagem em conjunto, gerando os chamados **estímulos contínuos** (tais como: internacionalização da competição, vida dos produtos, velocidade de mudança dos produtos etc.) e **estímulos descontínuos** (tais como: obsolescência repentina de produtos, mudança de patamar de conhecimento, inviabilização de negócios, surgimento explosivo de novos negócios etc.). Esses dois tipos de estímulos resultam em padrões de competitividade, que, atualmente, podem ser considerados globais ou mundiais.

Esses padrões atuais de competitividade representam alterações dramáticas nas práticas atuais de muitas empresas de manufatura, particularmente, no que se refere ao aumento do uso de ativos, qualidade superior, menores custos, maior produtividade e tempos totais de produção reduzidos.

A competência no que se refere à competitividade está relacionada a diversos atributos, dentre os quais se destacam **liderança e inovação e capacidade de resposta**. No entanto, esses atributos dependem diretamente da capacidade de integração dos diversos componentes estruturais da organização.

O conceito de inovação não se restringe somente ao fato de ser criativo e gerar novas idéias que possam atrair clientes ou melhorar o negócio, é, na verdade, a combinação de todas essas características com a habilidade de implementá-las adequadamente. Já a liderança sugere uma série de sub-atributos, tais como foco no consumidor, qualidade, planejamento, competências centrais e melhoria contínua de desempenho.

O segundo atributo necessário à competitividade numa organização é a sua capacidade de resposta aos estímulos externos. Os elementos principais para a capacidade de resposta são baseados na busca efetiva de *feedback* dos clientes e dos fornecedores e na habilidade de se tornar uma empresa de ciclo rápido. Os principais sub-atributos que definem a capacidade de resposta são: excelência nos processos de negócio, integração de estratégias, adoção de tecnologia comprovada, ligação com clientes e fornecedores e capacidade de adaptação [43].

3.1. Modelo Analítico para um Sistema de Manufatura

A manufatura de bens é definida como um sistema que integra seus diferentes estágios, necessitando para isso de dados de entrada, definidos para se obter resultados previstos ou esperados. A Figura 15 apresenta um modelo conceitual de manufatura [43].

Figura 15 – Modelo Conceitual de Manufatura [43]

Os dados de entrada podem ser materiais em bruto e/ou dados que devem ser processados, utilizando vários componentes auxiliares do sistema, tais como: ferramentas de corte, dispositivos de fixação, etc. Os resultados podem também ser dados e/ou materiais que podem ser processados em outras unidades do sistema. A relação entre os dados de entrada, os estágios de fabricação e os resultados é representada na forma de informações de entrada e *feedback*.

O sistema de manufatura (representado esquematicamente na Figura 16) pode ser entendido como composição das seguintes atividades básicas: engenharia, chão-de-fábrica, suporte e negócios.

Figura 16 – Modelo para um Sistema de Manufatura

A **Atividade de Engenharia** é responsável pela criação e desenvolvimento dos produtos a serem fabricados (engenharia de produto), assim como pelo desenvolvimento dos meios de manufatura necessários (engenharia de fabricação): processos de fabricação, ferramental, equipamentos, etc.

A **Atividade de Chão-de-Fábrica** é responsável pela fabricação dos produtos nos prazos e quantidades determinadas. Os recursos aqui disponíveis são: máquinas e equipamentos, mão de obra direta (operadores) e indireta (suporte relacionado diretamente à manufatura).

A **Atividade de Suporte** de chão-de-fábrica é responsável por manter o desempenho e as características tanto de qualidade, quanto operacionais dos equipamentos.

A **Atividade de Negócios** é a interface do Sistema de Manufatura com o mundo exterior, tanto do mercado consumidor (clientes) quanto do mercado supridor (fornecedores). Suas sub-atividades são marketing, suprimentos, e planejamento. O planejamento e controle da manufatura promove a ligação da atividade de Negócios com a atividade de Chão de Fábrica.

Quanto mais o sistema estiver integrado, maior será sua capacidade de providenciar os atributos de competitividade. As quatro atividades citadas devem manter uma relação que viabilize as operações do sistema como um todo. As inter-relações internas e externas e seus respectivos vínculos operacionais são responsáveis por essas operações.

O sistema de manufatura é, na sua essência, um sistema de informações e o seu nível de integração estrutural depende, indispensavelmente, da sinergia do fluxo de informações.

O estado de organização de uma empresa, como já foi dito anteriormente, define a sua integração estrutural. Dois conceitos importantes são fundamentais para permitir uma maior integração estrutural das organizações: automação e metodologias tecnológicas [43].

3.1.1. Automação

O conceito de automação refere-se a um aparato, um processo ou um sistema capaz de operar por conta própria sem assistência externa. No entanto, é interessante destacar a diferença entre automação e mecanização. A automação é a tecnologia destinada à substituição ou auxílio ao esforço mental ou intelectual humano, já a mecanização é a tecnologia destinada à substituição dos atributos físicos do homem (energia, sentidos etc) [43].

Existem dois tipos de automação:

- Automação rígida: ocorre quando se tem a substituição do atributo humano, decorrente do seu esforço mental, por equipamentos mecânicos.
- Automação programável ou flexível: estabelecida quando o atributo humano decorrente ao seu esforço mental, é substituído por um programa de instruções residente em um computador.

3.1.2. Metodologias Tecnológicas

As metodologias tecnológicas desenvolvidas no final do século passado estruturaram as atuais empresas em termos de tecnologia e produção. As metodologias complementares de gerenciamento desenvolveram e aperfeiçoaram os conceitos de gerenciamento, principalmente, a partir da década de 50. O seu enfoque abrangente definiu a estruturação das empresas, assim como a divisão de responsabilidades e permitiu que se organizassem as principais atividades dos Sistemas de Manufatura, assim como suas inter-relações internas e externas [43].

A partir da década de 70, essas estruturas fortemente hierarquizadas e especializadas, tiveram dificuldade, sob a pressão externa de um mercado

diferenciado, em atender a demanda nos tempos adequados. Isso resultou em queda de produtividade, e consequentemente, de competitividade. As metodologias tecnológicas, a partir de então, visaram, quase sempre, a busca de viabilidade no fluxo de informações, melhorando a interatividade das atividades básicas do Sistema de Manufatura.

Essas metodologias podem ser classificadas em dois tipos principais: as metodologias tecnológicas abrangentes e as metodologias tecnológicas restritas.

As metodologias tecnológicas abrangentes são aquelas que buscam a melhoria da competitividade, através da melhor adequação da estrutura básica das organizações, ou Sistemas de Manufatura, com o meio exterior.

As metodologias tecnológicas restritas visam atender as necessidades de uma, ou no máximo, de duas atividades do Sistema de Manufatura. Dentre elas, podemos citar Planejamento e Controle do Chão de Fábrica e Materiais, Metodologias MRP e MRP-II, *Just-in-Time*, Engenharia Simultânea e Gerenciamento de Custos.

Tanto as metodologias tecnológicas abrangentes quanto as restritas, normalmente, não atuam sobre todas as atividades e sub-atividades do Sistema de Manufatura. O emprego isolado de metodologias tecnológicas ou de automação, pode provocar o aparecimento de focos de produtividade e eficácia no Sistema de Manufatura. Porém, dificilmente, consegue-se de maneira isolada elevar o nível de competitividade a padrões mundiais, justamente, por ser a integração estrutural um conceito mais abrangente.

3.2. Integração das Atividades do Sistema de Manufatura

No início da industrialização, nas décadas de 30 e 40, o nível de organização das empresas era relativamente simples. A passagem da informação era feita na forma escrita, de departamento a departamento. Os cargos foram amplamente difundidos e os recursos de especialização cresceram, de forma a suportar, através de sistemas essencialmente burocráticos, a organização necessária.

Essa época (até o final da década de 50) caracterizou-se pela produção em massa, uso intensivo de mão-de-obra e operações repetidas continuamente e, além

disso, todas as atividades do sistema de manufatura eram feitas com algum aparelho ou dispositivo de origem mecânica

Durante os anos 60, 70 e 80, com o aparecimento dos computadores de grande porte (*mainframes*), definiu-se a época do processamento de dados. O foco era automatizar os dados transformados ou arquivados manualmente. Os primeiros sistemas de computação tornaram-se operacionais na década de 70, abrindo a possibilidade de aplicação nas áreas de Engenharia.

Nas áreas de chão-de-fábrica, muitos aplicativos de planejamento e controle de produção não tinham o desempenho adequado, devido à falta de ligação com outras atividades e dados importantes.

Na década de 70, iniciaram-se os estudos de vários modelos funcionais, que pudessem representar as principais atividades do sistema de manufatura com suas respectivas integrações, através da utilização de Tecnologias de Informação como recursos de automação.

Essas tendências de automação evoluíram para o que se definiu como Manufatura Integrada por Computador que propunha a conexão de todas as atividades automatizadas da manufatura, ou seja, a continuação natural da tendência de automação.

Vários modelos de manufatura integrada surgiram, na tentativa de promover a integração das atividades e sub-atividades do sistema de manufatura. A maioria desses modelos prevê, somente, a automação das atividades de engenharia e chão-de-fábrica. Porém, alguns modelos novos, mais complexos, buscam, também, a integração das atividades de Suporte e Negócios, como é o caso do modelo proposto pela *Automated Systems Association - CASA* da *Society of Manufacturing Engineers – SME*, muito utilizado na configuração da arquitetura dos *softwares* atuais, para sistemas de gestão integrada [43]. Ele tem os seguintes itens na sua estruturação geral itens:

- Gerenciamento Geral do Negócio: marketing, finanças, recursos humanos e planejamento estratégico;
- Planejamento e Controle da Manufatura: chão de fábrica, suprimentos de materiais, programação e planejamento de qualidade e facilidades;
- Definição de Processos e Produtos: projeto do produto, simulação e análise e documentação;

- Automação do chão-de-fábrica: manuseio de materiais, montagem, inspeção e testes e processamento de materiais e;
- Gerenciamento de Informações e Dados: base de dados comum, trânsito de informações e ferramentas de informação.

Hoje, existem várias tecnologias e modelos de CIM que podem ser implementados numa empresa. A escolha dessas tecnologias e/ou modelos, apropriados para satisfazer as necessidades estratégicas das empresas, nos seus diversos ramos de atividades industriais, é uma atividade difícil e complexa [43].

Automação do Chão-de-Fábrica

A automação da atividade de chão-de-fábrica pode ser definida como a tecnologia referente à aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais, nas operações de manufatura e no controle da produção, em substituição aos atributos intelectuais do homem [43]. Essa tecnologia abrange:

- Máquinas-ferramenta automáticas;
- Sistemas automáticos de movimentação de materiais;
- Máquinas automáticas de montagem de componentes nos produtos;
- Processo com fluxo contínuo;
- Sistemas de retorno de informação (*feedback*) para controle;
- Sistemas computacionais para controle de processo;
- Sistemas computacionais para coleta de dados, planejamento e tomada de decisões para suporte das atividades de fabricação.

O Sistema de Supervisão do Chão-de-Fábrica, que é o ponto de estudo específico deste trabalho, se enquadra no sétimo item desta lista. No entanto, é importante ressaltar que a automação do chão-de-fábrica não é suficiente para promover a integração estrutural de um Sistema de Manufatura, muito embora seja um ponto indispensável para se promover tal integração.

4. SISTEMA DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE-FÁBRICA

4.1. Aspectos Gerais

Nas empresas de manufatura, a transformação de matéria-prima em produto acabado representa o principal negócio da empresa. É na produção dos bens que está empregada boa parte dos recursos da empresa, uma vez que as atividades das demais áreas estão, de alguma forma, relacionadas à produção.

No entanto, os sistemas de manufatura atuais operam num ambiente muito dinâmico, com alto grau de incertezas e distúrbios. Essas dificuldades são provenientes de atividades e/ou eventos inesperados, não-linearidades, múltiplas interações, falhas nos equipamentos e uma série de outros fatores que dificultam o controle das atividades no chão-de-fábrica [44]. Uma vez que a toda a empresa é afetada direta ou indiretamente pelo seu desempenho, as informações provenientes da produção deveriam representar a realidade do ambiente produtivo da forma mais fiel possível e, além disso, deveriam estar disponíveis de modo a garantir que toda a empresa tenha a mesma percepção do chão-de-fábrica, atualizada de forma rápida e segura.

Porém, atualmente, a grande maioria das empresas metal-mecânicas não possui informações do chão-de-fábrica que possibilitem a formação de uma visão do ambiente produtivo que seja uma representação, pelo menos próxima, da realidade. Isso acontece em virtude de uma série de fatores, dentre eles:

- Indisponibilidade das informações: por diversos motivos, as informações do chão-de-fábrica não são colhidas e, portanto, não estão disponíveis;
- Falta de informações: utilização de sistemas de apontamento arcaicos, muitas vezes manuais, que não contemplam todas as informações. Através dos

métodos tradicionais de monitoramento, principalmente o preenchimento manual de apontamentos de produção, é muito difícil conseguir uma leitura de muitos dados, pois a sua atualização é lenta e restrita a alguns indicadores;

- Falta de confiabilidade nas informações: tanto pela lentidão quanto por estar sujeito a falhas, incoerências etc, as informações fornecidas pelos sistemas tradicionais não apresentam um grau de confiabilidade razoável e, na maioria das vezes, estão muito desatualizadas e;
- Incompatibilidade entre sistemas: em muitas empresas, apesar de existir um sistema de informações da produção, os diversos sistemas da empresa não são capazes de trocar informações entre si.

Através de pesquisas e, inclusive, de visitas a empresas da área automotiva, foi possível constatar que esses problemas são extremamente comuns e afetam muitas das empresas consideradas modernas. Além do que foi exposto, um outro ponto muito importante a ser considerado é a problemática envolvida na utilização de apontamentos manuais. Em muitas dessas empresas, os operadores das máquinas, que deveriam estar focados no funcionamento dos equipamentos, perdem horas de trabalho realizando os apontamentos. Isso, além de comprometer a qualidade das informações, pois o operador lida com uma série de problemas durante o turno de trabalho, atrapalha o rendimento do funcionário naquelas que seriam as suas funções reais.

Considerando os pontos apresentados acima, que são apenas alguns poucos exemplos, compreende-se o grande benefício que informações com qualidade da produção poderiam trazer para a empresa e, mais especificamente, para o ambiente produtivo. Por informação com qualidade, neste caso, entende-se a informação que seja, ao mesmo tempo, confiável, útil e disponível.

Em virtude do grande número de informações relacionadas ao chão-de-fábrica e, principalmente, da dinâmica inerente a esse ambiente, conseguir informações confiáveis não é uma atividade simples. Grande parte das informações está desatualizada e, na maioria das vezes, representa uma aproximação, isto é, os valores são estimados. Dependendo da empresa e do tipo de controle que se faz, essas estimativas não representam um problema, uma vez que o erro associado pode ser muito pequeno. Porém, quando essa estimativa é pouco precisa e o controle da produção é mais complexo, uma aproximação pode resultar em

avaliações incorretas do chão-de-fábrica, comprometendo assim a eficácia de ações provenientes dessas avaliações.

Um outro ponto muito importante é a utilidade das informações, ou seja, é necessário definir para qual finalidade uma determinada informação se presta. Entender essa característica é imprescindível para balizar esforços no sentido de monitorar o chão-de-fábrica, a fim de que não seja gerada uma massa de dados nem aquém nem além do necessário. Informações a menos podem, por exemplo, comprometer o controle das atividades de produção. Já informações a mais podem representar um esforço desnecessário e afetar o desempenho do monitoramento, deixando-o mais lento.

Entretanto, informações confiáveis e úteis não auxiliam efetivamente em ações de melhoria do ambiente produtivo, caso elas não estejam disponíveis para que as demais áreas e seus respectivos sistemas de informação possam utilizá-las no processamento das suas atividades.

O Sistema de Supervisão de Chão-de-Fábrica se apresenta, então, como uma ferramenta capaz de proporcionar tais informações com qualidade. Representa ainda o elo de ligação entre o chão-de-fábrica e as demais áreas empresa, pois além de fornecer informações para auxiliar no gerenciamento do chão-de-fábrica, também apresenta um caráter integrador.

O desenvolvimento e a implantação desse sistema devem prever mecanismos para troca de informações com os demais sistemas. Para tanto, deve ser considerado, dentre outros, o formato das informações e os aspectos físicos da integração.

Representar a realidade completa do chão-de-fábrica em termos de informações seria impossível. Assim, a definição do conjunto de informações que devem retratar o ambiente produtivo depende das necessidades relacionadas à tomada de decisões sobre a produção.

A Figura 17 ilustra essa característica de integração do sistema de supervisão do chão-de-fábrica. Por um lado, ele deve ser desenvolvido de modo que seja possível acompanhar o andamento da produção *on-line* e, para tanto, são utilizadas tecnologias e ferramentas que permitem tal monitoramento. Por outro, ele deve alimentar os demais sistemas da empresa e, portanto, é preciso conhecer o contexto no qual o sistema deve se encaixar. Porém, cada empresa possui uma

estrutura muito particular e os seus sistemas de informação podem ser os mais diversos possíveis.

Figura 17 – Visão do Papel Integrador do Sistema

Tais aspectos de implantação são discutidos com mais detalhes no capítulo que trata desse assunto. No momento, a discussão está mais voltada para as informações propriamente ditas.

4.2. Informações de Chão-de-Fábrica

As informações do chão-de-fábrica variam muito em detrimento do ambiente produtivo em questão, isto é, as necessidades de informação podem ser muito diferentes em virtude do sistema de produção adotado, do tipo de produto, do grau de automação dos equipamentos etc. Via de regra, as informações de controle do chão-de-fábrica, como por exemplo aquelas relacionadas ao *lead time*, desempenham um papel muito importante pois representam o *feedback* da produção para uma série de outras áreas da empresa, tais como PCP e custos.

Além dessas informações de controle, existem ainda aquelas que estão mais relacionadas ao funcionamento da máquina propriamente dita, considerando variáveis intrínsecas à sua operação. Estas informações, aqui denominadas tecnológicas, são bastante úteis para auxiliar no direcionamento de ações no sentido de aumentar o desempenho da máquina [8] e, conseqüentemente, do chão-de-fábrica.

Vale lembrar que algumas informações, tais como motivos de parada ou tempo de ciclo, assumem as duas classificações, ou seja, são informações de controle e tecnológicas, e a sua distinção depende da finalidade para a qual ela se presta.

4.2.1. Informações Gerenciais

As informações de chão-de-fábrica relacionadas ao controle das atividades de produção são normalmente associadas aos tempos (que compõem o *lead time*) [5], quantidades e custos – considerando o atual e o planejado – e estão diretamente ligadas ao planejamento e controle da produção (PCP).

A Tabela 3 apresenta uma lista de algumas informações padrão de controle obtidas através de uma pesquisa realizada no módulo de PP (*Production Planning and Control*), mais, especificamente, na parte de Sistema de Informações de Chão-de-fábrica (*Shop Floor Information System*), de um dos sistemas ERP comerciais mais utilizados atualmente.

Tabela 3 – Informações padrão de controle em um ERP comercial

Quantidade produzida	Quantidade estimada
Refugo	Refugo estimado
Tempo de movimentação	Tempo de movimentação estimado
Tempo de fila	Tempo de fila estimado
Tempo de <i>set-up</i>	Tempo de <i>set-up</i> estimado
Tempo de processamento	Tempo de processamento estimado
Capacidade utilizada	Capacidade estimada

As informações gerenciais representam o *feedback* da produção para outras áreas, principalmente, o planejamento, programação e controle da produção. Essas

informações, a princípio, auxiliam no controle da produção, a fim de avaliar se os compromissos assumidos estão sendo atendidos, ou seja, as informações possibilitam uma comparação entre estimado e realizado. Porém, uma das suas maiores contribuições é fornecer subsídios para que se tenham programações da produção que sejam mais factíveis, pois à medida que essas informações ajudam a criar uma percepção do chão-de-fábrica mais próxima da realidade, e a programação da produção utiliza essas informações nos seus algoritmos, fatalmente teremos uma utilização mais coerente dos recursos.

4.2.2. Informações Tecnológicas

As informações citadas anteriormente estão, de alguma forma, relacionadas ao controle da produção. No entanto, existem ainda algumas informações, ditas tecnológicas, que dizem respeito ao funcionamento/operação da máquina e, no caso desse trabalho, às operações de usinagem.

Essas informações buscam auxiliar na tomada de decisões que visam a melhoria de desempenho dos equipamentos. Por exemplo, para fins de controle, a informação do tempo de ciclo da máquina pode ser suficiente, porém, se a preocupação é avaliar o desempenho do equipamento, em se tratando de uma máquina de usinagem, conhecer o tempo efetivo de usinagem (corte) pode ser importante para determinar a qualidade de uma programação CN.

No capítulo 5, é apresentado um modelo de referência de um processo de usinagem genérico. Nesse modelo, por ser genérico, as informações tecnológicas citadas procuram englobar aquelas mais comuns à maioria das operações de usinagem, tais como tempo de aproximação da ferramenta, tempo efetivo de usinagem (remoção de material) e tempo de afastamento da ferramenta. Caso fosse um modelo de um processo de usinagem em especial, como por exemplo, a retificação, uma série de outras informações pertinentes à fenomenologia do processo poderiam ser abstraídas, tais como tempo de acomodação (*spark out*), tempo de dressagem e número de peças por dressagem.

Além dessas informações, que na maioria podem ser colhidas de forma automática, existem outras que, embora necessitem de uma entrada manual, também ajudam a formar um histórico operacional da máquina mais completo. Esse histórico auxilia na determinação mais precisa de ações de melhoria e, ainda, ajuda

a encontrar relações, muitas vezes desconhecidas, entre as diversas variáveis envolvidas no processo. Essas informações estão, basicamente, relacionadas à peça, ferramenta e fluido de corte.

Outra informação muito importante, que pode ou não ser obtida automaticamente, é o motivo de parada, pois conhecer o improdutivo é fundamental para melhorar a capacidade de produção dos equipamentos. Muitas vezes, as reais fontes de problema, responsáveis por grandes perdas de capacidade, são desconhecidas. Pequenos problemas, que a princípio não afetariam a produção como um todo e, por isso, acabam sendo ignorados, ocorrem com tamanha frequência que causam um impacto geral (prejuízo) muito maior que os problemas considerados grandes que são, normalmente, o alvo das ações de melhoria.

As informações tecnológicas variam em virtude do equipamento, pois as variáveis de interesse estão relacionadas, muitas vezes, a características muito particulares da operação de uma máquina em específico e/ou de um determinado processo. Dessa forma, a sua definição varia de um caso para outro e, dependendo da tecnologia envolvida na sua aquisição, implica em investimentos muito elevados. A opção pela leitura de algumas informações desse tipo deve, necessariamente, estar vinculada a uma finalidade pré-determinada, pois o custo dessa informação pode ser muito elevado.

5. ARQUITETURA DO SISTEMA

Atualmente existem vários produtos no mercado que atendem às exigências de uma solução para supervisão de processos. Boa parte delas apresentam características similares, tais como protocolos abertos e comunicação em tempo real. A Figura 18 apresenta uma proposta de arquitetura para um sistema de supervisão de chão-de-fábrica, considerando tecnologias modernas, consagradas e amplamente utilizadas.

Figura 18 – Arquitetura Proposta para o Sistema de Supervisão de Chão-de-Fábrica

Os módulos que compõem o Sistema de Supervisão de Chão-de-Fábrica são: Sensoreamento, Rede de Campo, *Software* de Supervisão e Base de Dados da Produção. Na figura está representado também um sistema ERP para ilustrar a possibilidade de integração com o sistema de supervisão.

A seguir será apresentada uma descrição de cada um dos módulos, além do módulo de Diagnóstico do Chão-de-Fábrica.

5.1. Sub-Sistemas

5.1.1. Sensoreamento

O módulo de sensoreamento engloba todos os equipamentos e dispositivos responsáveis por captar os sinais das máquinas no chão-de-fábrica. São estes sinais que representam os parâmetros de funcionamento das máquinas que se deseja monitorar.

Estes equipamentos e dispositivos vão desde simples contadores de peças com acionamento mecânico até CNC's modernos e sistemas avançados de monitoramento dedicado.

A Tabela 4 mostra os sensores mais comuns utilizados nos sistemas de monitoramento dedicado.

Tabela 4 – Sensores mais Comuns

Sensor	Grandeza	Princípios de Medição Características
Força	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piezoelétrico ▪ Medição em 3 eixos ▪ Intrusivo ▪ Bom para cargas dinâmicas
Potência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medição de corrente ▪ Fácil Instalação/ baixo custo ▪ Pouco intrusivo ▪ Baixa sensibilidade dinâmica
Aceleração	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piezoelétrico com massa sísmica ▪ Fácil Instalação ▪ Pouco intrusivo ▪ Resposta até 20KHz
EA – Emissão Acústica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piezoelétrico com massa sísmica ▪ Fácil Instalação ▪ Pouco intrusivo ▪ Resposta até 1MHz

Fonte: Catálogos Kistler, Marposs e Artis

No entanto, algumas informações importantes sobre a produção não podem ser colhidas de forma automática, seja por falta de tecnologia disponível ou por custo elevado. Nestes casos, podem ser utilizados coletores de dados acionados pelos operadores das máquinas (motivo de parada do equipamento é um bom exemplo da utilização destes coletores).

A definição de qual será a composição deste módulo depende, diretamente, das informações relativas ao ambiente produtivo que o sistema de supervisão deve prover, de uma análise da infra-estrutura do chão-de-fábrica para avaliar a disponibilidade de equipamentos já existentes, do grau de acuracidade e confiabilidade das informações e da robustez que o sistema deve apresentar. Além disso, existe ainda um fator limitante que é a disponibilidade financeira para o desenvolvimento e implantação desse sistema.

Portanto, a configuração ideal deste módulo, bem como dos demais apresentados a seguir, é sempre uma compromisso entre funcionalidade e custo.

5.1.2. Rede de Campo

A rede de campo é o componente do sistema de supervisão responsável por coletar os sinais provenientes do sensoreamento e transmiti-los para o *software* de supervisão.

A arquitetura da rede de campo pode ser descrita, sucintamente, da seguinte forma:

- *Master* da rede: controla o funcionamento da rede;
- Módulos remotos de I/O: fazem a conexão com os equipamentos e dispositivos do módulo de sensoreamento;
- Cabeamento: meio físico pelo qual os sinais são transmitidos e;
- Complementos: auxiliam o funcionamento da rede (Ex.: fontes de alimentação).

As características funcionais de uma rede de campo variam de acordo com as opções escolhidas para cada um dos elementos descritos anteriormente. Normalmente, as características mais relevantes de uma rede de campo são:

- Topologia da rede: estrutura ou *layout* geométrico dos equipamentos conectados na rede;

- Tempo de varredura: tempo que o *master* leva para enviar todas as saídas e ler todas as entradas;
- Meio Físico: opções de cabeamento disponíveis (Ex.: par trançado, fibra ótica);
- Número máximo de módulos: quantidade de módulos que podem ser conectados a um único *master*;
- Distância máxima: distância entre o *master* e o último módulo;
- Diagnóstico: opções de auto-diagnóstico de problemas/falhas
- Interconectividade: possibilidade de conectar, numa mesma rede, equipamentos de diferentes fabricantes.

A definição da arquitetura da rede de campo, bem como as suas características técnicas e funcionais, depende, mais uma vez, da aplicação em questão.

Exemplo de Rede de Campo

INTERBUS é um protocolo aberto de comunicação serial usado para transmitir dados entre os diferentes equipamentos dos sistemas de controle do chão-de-fábrica, tais como controladores lógico programáveis CLP's), computadores pessoais, robôs etc, e unidades de entradas e saídas distribuídas, nas quais sensores e atuadores são conectados. Devido à sua tecnologia fácil e características de sistema orientado ao usuário, o INTERBUS, que segue a norma DIN 19258, tem ganhado aceitação como o padrão industrial dentro dos campos de automação industrial e engenharia de processos [45].

O sistema INTERBUS utiliza o protocolo de comunicação RS-485 e pares de fios trançados, fibras óticas, comunicação por infravermelho, entre outros como meios físicos de transmissão de sinal. Sua topologia é em anel, ou seja, todos os equipamentos são conectados em um *loop* fechado de transmissão de dados. Devido a esse fato, a taxa de transmissão de dados é de 500 kbit a uma distância de 400m entre um ramo e outro. A função integrada de repetidor presente em cada equipamento INTERBUS permite uma extensão da rede de, aproximadamente, 12,8 Km, com uma limitação máxima de 512 equipamentos para cabos de cobre [46] (Figura 19).

Figura 19 – Topologia INTERBUS [46]

Em geral, o protocolo INTERBUS consiste de três componentes básicos: a placa controladora, os equipamentos INTERBUS e o cabo, que conecta os equipamentos à placa controladora. Dependendo do tipo da placa, ela pode estar instalada dentro do próprio PC ou em um CLP.

A topologia em anel confere ao INTERBUS duas vantagens: a primeira, e em oposição à estrutura em linha, consiste do fato de que no anel os dados podem ser enviados e recebidos simultaneamente (*full duplex*); e a segunda é a função de auto-diagnóstico, onde todo o sistema é segmentado em subsistemas elétricos independentes, possibilitando uma rápida e precisa localização de falhas [46].

5.1.3. Software de Supervisão

O *software* de supervisão é um elemento chave dentro da arquitetura do sistema de supervisão do chão-de-fábrica, pois é o elo de ligação entre a rede de

campo e a base de dados operacional da produção. As principais funções do *software* de supervisão dentro do sistema são:

- Aquisição dos dados junto a rede de campo;
- Compilação dos dados em informações que sejam relevantes;
- Disponibilização visual das informações através de interfaces gráficas que possibilitem aos usuários uma visualização da realidade do chão-de-fábrica de forma bastante intuitiva e;
- Armazenamento destas informações na base de dados operacional da produção.

Vale a pena mencionar que o módulo aqui chamado de *software* de supervisão é, na verdade, uma aplicação construída a partir de um sistema SCADA. Neste caso, a configuração desse módulo do sistema depende, basicamente, destes dois elementos.

O sistema SCADA, enquanto ferramenta para construção de aplicações de supervisão, pode apresentar as mais diversas características já descritas anteriormente na revisão bibliográfica e o seu custo varia de acordo com as suas funcionalidades. Já a aplicação de supervisão, pode ser simples ou complexa. Normalmente, o custo de desenvolvimento de tais aplicações varia de acordo com as funcionalidades que a mesma deve apresentar: número de telas, número de relatórios, número de variáveis de processo, quantidade de recursos gráficos utilizados, comunicação com demais sistemas etc.

A configuração ideal para o *software* de supervisão depende, então, do nível de detalhamento que se deseja para a aplicação e do sistema SCADA utilizado. A opção por uma sistema SCADA mais simples ou mais completo e, também, a opção por uma aplicação mais enxuta ou mais complexa depende das funcionalidades que o sistema de supervisão de chão-de-fábrica deve apresentar segundo os requisitos do usuário.

Critérios de Avaliação do Software de Supervisão

Os critérios de avaliação de *software* de supervisão mais comuns são [12]:

- Configuração (facilidade e tempo);
- Qualidade do editor de telas;

- Editor de *Script's*;
- Editor de base de dados;
- Drivers de Comunicação (ODBC, OPC, Rede);
- Visualizador de dados históricos;
- Suporte técnico;
- Manutenção;
- Performance em operação;
- Ambiente operacional;
- Interface de operação;
- Interface com o campo;
- Custo;
- Utilitários disponíveis e;
- Documentação.

5.1.4. Base de Dados Operacional da Produção

A base de dados operacional da produção é responsável pelo armazenamento e disponibilização das informações da produção, tanto as gerencias (ou de controle) quanto as tecnológicas, para outros sistemas (ERP, Sistemas de Apoio à Decisão etc.).

Ela representa, portanto, o principal elo de ligação entre o sistema de supervisão do chão-de-fábrica e os demais sistemas que utilizam dados da produção. Desta forma, a maneira pela qual as informações são armazenadas na base (formato, mecanismos de atualização e critérios de consolidação dos dados, por exemplo) deve levar em consideração a integração com os outros sistemas.

A definição da base de dados, assim como dos demais sub-sistemas, também depende de vários fatores relacionados às necessidades do usuário. Pode-se utilizar desde uma base de dados simples até um sistema gerenciador de base de dados complexo, que apresenta uma série de ferramentas avançadas. Basicamente, para este sistema em específico, a base de dados deve apresentar características que permitam a sua atualização em tempo real e, também, deve

possibilitar a comunicação dos dados via protocolos abertos para facilitar a integração com outros sistemas. Atualmente, a grande maioria das bases de dados e sistemas gerenciadores de base de dados apresenta tais características. A escolha, então, depende muito da aplicação, ou seja, do ambiente em termos de sistemas no qual esse sistema deve estar inserido.

Como os dados contidos nessa base representam o histórico operacional do chão-de-fábrica e isso, normalmente, implica em um número muito elevado de registros, deve-se tomar um cuidado especial com o *back up* dos dados e, também, com a sua consolidação. Os critérios de consolidação das informações são muito importantes para garantir que os dados, que estão na base, sejam aqueles considerados necessários. Isso evita a ocupação indevida de espaço pelo número elevado de registros, o que deixa as consultas à base muito prejudicadas.

Algumas informações muito específicas sobre uma determinada ordem de produção são importantes enquanto essa ordem está em execução. A partir do momento em que ela foi finalizada, as informações podem ser resumidas, ou seja, todo aquele conjunto de dados da ordem pode ser compilado num registro que represente os principais parâmetros de uma ordem de produção executada. É claro que a definição de quais são estes parâmetros varia bastante de acordo com a aplicação em questão e, normalmente, depende dos outros sistemas de informação da empresa e também do tipo de pesquisa e diagnóstico que se pretende fazer a partir dos dados da produção.

5.1.5. Diagnóstico do Chão-de-Fábrica

O sub-sistema aqui denominado de diagnóstico de chão-de-fábrica pode ser qualquer ferramenta computacional capaz de extrair informações relevantes sobre o funcionamento das máquinas a partir daquelas contidas na base de dados operacional da produção. Tais ferramentas vão desde simples consultas para fins específicos até a utilização de técnicas avançadas como *data warehouse* e *data mining*, descritas, sucintamente, na revisão bibliográfica.

As informações fornecidas por esse sub-sistema, ou seja, o resultado das pesquisas sejam elas simples ou extremamente avançadas, são importantíssimas para que o sistema de supervisão, como um todo, seja capaz de auxiliar, no sentido de fornecer subsídios/fundamentos, no processo de tomada de decisões. Vale, no

entanto, ressaltar que o sistema por si só não é capaz de melhorar o desempenho do chão-de-fábrica, uma vez que ele não apresenta nenhum tipo de intervenção direta na produção. São, portanto, as ações tomadas a partir dessas informações que vão possibilitar uma melhoria no chão-de-fábrica. Desta forma, quanto melhor forem utilizadas as informações, ou seja, quanto mais bem estruturado for o sub-sistema de diagnóstico, melhores e maiores serão os benefícios alcançados com o sistema de supervisão de chão-de-fábrica.

Muitas das características desse sub-sistema podem ser encontradas no próprio *software* de supervisão, uma vez que ele apresenta uma série de dados tratados de forma a deixar explícitos muitos fatos que não são facilmente perceptíveis, no dia-a-dia, do chão-de-fábrica. A definição de qual é o gargalo da produção num dado momento é um bom exemplo e, como este, existem vários. Assim sendo, o diagnóstico não está, necessariamente relacionado à descoberta de fatos muito complexos. Na verdade, a grande maioria dos problemas podem ser detectados de forma simples, desde que as informações nas quais a pesquisa se baseia sejam confiáveis.

5.2. Integração dos Sub-sistemas

A Figura 20 apresenta uma arquitetura simplificada do sistema, considerando apenas uma máquina. Basicamente, estão identificados os sensores ou dispositivos responsáveis por coletar os dados, a rede de campo, o *software* de supervisão e a base de dados. Na figura aparece ainda o sistema ERP que utiliza as informações do chão-de-fábrica e possibilita a integração do ambiente produtivo aos demais sistemas da empresa via a base de dados da produção.

O princípio de funcionamento do sistema é baseado na coleta automática de sinais que descrevem a operação da máquina, através de sensores ou dispositivos presentes no próprio controle da máquina (módulo de sensoriamento). Existem, ainda, os sinais que são captados por coletores manuais devido à impossibilidade de automatização.

Figura 20 – Arquitetura Simplificada (apenas uma máquina)

A Tabela 5 mostra alguns dos sinais que são captados nas máquinas/equipamentos a fim de fornecer as informações desejadas da produção.

Tabela 5 – Informação da Produção X Sinais das Máquinas/Equipamentos

Informação	Sinal
Quantidade de peças produzidas	Ciclo + Sensor de Potência
Ritmo de Produção	Ciclo
Tempo de Ciclo	Ciclo
Tempo de Parada	Ciclo
Tempo de Posicionamento	Ciclo + Sensor de Emissão Acústica
Tempo Efetivo de Usinagem	Ciclo + Sensor de Emissão Acústica
Motivo de Parada	Coletor Manual de Dados (Botoeira)
Desgaste da Ferramenta	Sensor de Vibração

A transmissão destes sinais é realizada por equipamentos que compõem a rede de campo. Estes equipamentos são, basicamente, módulos de entradas e saídas (analógicos ou digitais) que formatam os sinais e transmitem para o *software* de supervisão através de um protocolo de comunicação em tempo real.

O *software* de supervisão interpreta estes sinais, convertendo-os em informações (por exemplo, sinal do dispositivo de fixação da peça = início de ciclo) que são visualizadas na tela do microcomputador. A Figura 21 apresenta o princípio de conversão do sinal em informação.

Figura 21 – Sinal X Informação

A partir daí, alguns fatores de desempenho podem ser definidos e são obtidos por:

$$\text{Eficácia de Trabalho} = TU / TT$$

$$\text{Eficácia de Ciclo} = TT / TC$$

$$\text{Eficácia Global} = TU / TC$$

Desta forma, uma "fotografia" instantânea do chão-de-fábrica é apresentada de forma bastante ilustrativa, através da utilização de recursos gráficos e de animação [47].

Além deste aspecto visual, as informações compiladas pelo sistema de supervisão são disponibilizadas de forma apropriada em uma base de dados (base de dados operacional da produção).

5.3. Integração com Outros Sistemas de Informação

Como este sistema está inserido dentro de um ambiente de manufatura integrada, deve apresentar, ainda, alguns componentes que assegurem a sua integração com os demais sistemas da empresa. Para tal, durante a sua concepção e desenvolvimento, devem ser consideradas as necessidades de integração, para que este sistema não se torne uma “ilha de automação”. Estes componentes são [1]:

- Uma plataforma de integração: suporte de *hardware* e *software* que permita a comunicação de dados entre o Sistema de Supervisão da Produção e os demais sistemas da empresa;
- Um referencial semântico comum: mecanismo que garante o compartilhamento de conhecimento. Em outras palavras, garante que os dois sistemas falem a mesma linguagem.

Considerando tais premissas, a integração com os demais sistemas se torna perfeitamente possível. É claro que esses sistemas podem ser os mais variados possíveis e o seu grau de complexidade também.

Atualmente, a utilização de sistemas ERP nas empresas é grande e crescente, portanto, a integração do sistema de supervisão de chão-de-fábrica com esse tipo de sistema pode trazer grandes benefícios para a empresa como um todo. Os sistemas ERP são compostos por diversos módulos e muitos deles utilizam informações da produção no seu processamento.

A utilização de informações da produção confiáveis e em tempo real, aliada ao uso eficiente dos sistemas ERP poderia promover ganhos substanciais para a empresa.

Além dos sistemas ERP, outro sistema que, sem dúvida, apresentaria resultados mais efetivos com a utilização de informações de qualidade da produção, seria o sistema de programação da produção. Atualmente, existem *softwares* de programação fina da produção, que são capazes de compilar uma massa muito grande de dados e gerar resultados altamente positivos. No entanto, se os dados de *feed-back* da produção, que são uma das fontes que alimentam esse sistema, não forem confiáveis, os resultados gerados acabam tendo um impacto real na produção muito pequeno.

Extrapolando o ambiente da empresa e considerando a sua interação com o meio externo (cadeia de suprimentos), mais uma vez o sistema de supervisão do chão-de-fábrica se apresenta como um diferencial competitivo.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos apresenta diversas funcionalidades que são extremamente dependentes das informações provenientes do chão-de-fábrica, tais como Programação da Produção, Análise de Disponibilidade para Compromisso de Entrega e Planejamento da Cadeia de Suprimentos. Como atualmente nas indústrias metalmecânicas, os dados provenientes do chão-de-fábrica que alimentam o *software* de Gestão da Cadeia de Suprimentos são, na maioria das vezes, imprecisos, a realidade do chão-de-fábrica não é retratada de maneira correta. Isso diminui a eficácia da utilização dos sistemas de gerenciamento da cadeia, pois as informações do chão-de-fábrica deveriam ser precisas, confiáveis e atuais.

Portanto, utilizando o sistema de supervisão, além dos ganhos que ele por si só traz, há um grande benefício para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, pois ele pode ser feito sobre dados reais e atualizados, o que possibilita uma melhor sinergia entre as partes da cadeia e evita as incongruências comuns na implementação de *softwares* para a gestão integrada da produção.

Como podemos perceber, a utilização do sistema de supervisão traz benefícios reais para a empresa como um todo, pois não só influencia o desempenho do chão-de-fábrica propriamente dito, como melhora sobremaneira os resultados gerados por sistemas responsáveis por outras áreas da empresa.

É claro que os sistemas aqui citados são alguns poucos exemplos muito em voga atualmente. Porém, o intuito é mostrar a abrangência que o sistema de supervisão pode alcançar. Em muitas empresas, os controles são realizados, utilizando soluções caseiras, baseadas em *softwares* bem mais simples, no entanto, dados de chão-de-fábrica confiáveis continuam a ter uma importância definitiva, pois ainda são a base para o processamento.

6. IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE SUPERVISÃO DE CHÃO-DE-FÁBRICA

As abordagens de melhorias de negócio são baseadas em uma visão sistêmica da empresa e de um bom conhecimento dos componentes de seus processos. Esta visão pode ser genericamente obtida, ao longo do processo de transformação, através da descrição de um ou mais processos de negócio pertinentes ao domínio em análise [29].

No caso deste trabalho, o processo de negócio em questão é a produção de bens e o domínio em análise é o chão-de-fábrica.

6.1. Metodologia de Gerenciamento de Mudanças

O esforço de transformação busca alinhar os objetivos associados ao sistema produtivo em questão com as estratégias adotadas para a sua operação. Tais argumentos reforçam a noção de que uma organização deve estar orientada para seus processos principais e deve apresentar condições de gerenciar mudanças, atualizações e transformações. Portanto, é necessária a utilização de metodologias que permeiem este esforço conjunto entre a empresa e influências externas (muitas vezes na forma de consultorias), de tal forma a propiciar condições para a condução eficaz do processo de integração ou, colocado de maneira mais genérica, do processo de transformação como um todo [48].

Os métodos de gerenciamento de mudanças partem do pressuposto de que o processo de transformação na empresa é contínuo. Assim sendo, a definição de novos objetivos, metas e a proposição de novos processos é sempre reinicializada ao final de cada implementação, ou sempre que se julgar necessário [49].

De acordo com esses conceitos, está sendo desenvolvida no Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA), sediado no *campus* da Universidade de São Paulo,

na cidade de São Carlos – SP, uma metodologia para o gerenciamento de transformações organizacionais denominada *TransMeth*, que procura fornecer uma estrutura intelectual própria para sistematizar, organizar e integrar diversos métodos referentes ao gerenciamento de transformações [29].

Essa metodologia visa oferecer uma coleção de métodos que podem ser utilizados em diferentes situações para auxiliar a condução de projetos de análise e melhoria de processos de negócio. A *TransMeth* pode ser aplicada em qualquer unidade organizacional, seja um departamento, uma fábrica, uma divisão, uma corporação ou uma cadeia de fornecimento completa. No caso deste trabalho, o alvo de mudança é o chão-de-fábrica e a intervenção é a implantação de um sistema de supervisão.

A Figura 22 apresenta os passos que compõem a *TransMeth* devidamente ajustados para o caso do processo de implantação de Sistemas de Supervisão de Chão-de-Fábrica.

Figura 22 –*TransMeth* Ajustada para Implantação de Sistemas de Supervisão de Chão-de-Fábrica

Embora sejam ilustrados como etapas discretas, a sua aplicação envolve a condução de diversas atividades simultaneamente e podem ser necessárias interações retroativas a passos anteriores a fim de efetuar refinamentos [50].

A seguir será feita uma breve apresentação de cada uma das etapas da metodologia e, principalmente, das atividades previstas para o caso específico de implantação do sistema de supervisão de chão-de-fábrica.

Criar Infra-Estrutura Necessária

Este passo estabelece um relacionamento (suporta e interage) com todos os outros passos da metodologia e pode ser executado em diferentes momentos. Seu propósito é assegurar a existência de infra-estrutura e sistemas de suporte necessários ao esforço de transformação. A pergunta-chave feita nesta etapa é: "Temos as condições necessárias?".

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Iniciar processo de intervenção através da definição de uma equipe de trabalho e;
- Identificar infra-estruturas física e financeira pertinentes ao projeto.

Compreender Necessidades de Implantação

O primeiro passo envolve o reconhecimento e a definição dos disparadores de mudança associados ao sistema em análise. O objetivo é responder à pergunta: "Por que implantar o sistema?".

As expectativas definem os resultados esperados pelos patrocinadores e líderes do projeto.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Realizar entrevistas;
- Identificar fatores propícios à implantação da solução;
- Compreender expectativas e;
- Definir objetivos.

Analisar Situação Atual

O passo seguinte, através de ferramentas e procedimentos, procura responder à pergunta: "Onde estamos agora?".

Nessa etapa são descritos os elementos que representam o estado atual da organização (AS-IS) e são usados em passo futuro como entradas para o projeto da organização modificada (TO-BE).

Além disso, são despendidos esforços para avaliar a situação atual. Essa avaliação consiste no uso de técnicas e ferramentas para diagnosticar pontos fortes e fracos da organização assim como oportunidades de melhoria, com base em informações obtidas a partir de uma ampla coletânea de pessoas e métodos.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Delimitar as fronteiras do processo em análise;
- Construir uma representação detalhada do processo atualmente em operação e;
- Realizar diagnóstico da situação atual e identificar disfunções através de relações de causa-efeito.

Direcionar Implantação

Uma vez respondidas as questões anteriores, a pergunta “Para onde queremos ir?” pode ser respondida, de acordo com o estabelecido na visão organizacional. Essa visão é usada para expressar o futuro esperado a longo prazo para a organização. Além desta visão outra saída importante são os princípios, que buscam direcionar a maneira pela qual a organização irá atingir sua visão.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Identificar visão e princípios pertinentes aos problemas levantados e;
- Analisar tipologia das soluções viáveis através da análise de cenários pré-configurados.

Definir Iniciativas de Implantação

Já que respondemos “Para onde queremos ir?”, a próxima pergunta é “Como chegaremos lá?”. Esta pergunta é respondida na forma de iniciativas de implantação que são objetivos específicos ou ações planejadas a fim de diminuir a distância entre a situação atual e o futuro desejado.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Definir configuração específica da solução a ser implantada (escolha do cenário);
- Determinar planos de ação a serem adotados durante a implementação;
- Identificar responsabilidades e;
- Definir orçamento final.

Implementar Iniciativas

Os melhores planos de implantação não têm valor se não forem eficientemente implementados. Desta forma, a pergunta-chave feita aqui é: “Estamos no caminho?”. As ferramentas e conceitos utilizados neste passo incluem o desenvolvimento de métricas específicas para as iniciativas, o processo de negociação sobre estas medidas e objetivos estabelecidos entre a equipe de implantação e o patrocinador da transformação.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Construir cenário futuro para o processo em questão e;
- Implantar solução adotada.

Analisar Progressos e Resultados

Por fim, o último passo se destina a avaliar se os resultados estão sendo obtidos, avaliar a própria metodologia de implantação, registrar lições aprendidas na medida em que a organização progride, celebrar e recompensar o sucesso obtido. A pergunta-chave deste passo é: “Chegamos com sucesso?”.

Revisões sistemáticas do progresso da implementação e do impacto que estas causam nas medidas gerais de desempenho da empresa são importantes para assegurar que as iniciativas adotadas causaram o efeito desejado.

As principais atividades a serem realizadas são as seguintes:

- Verificar efeitos causados pela nova configuração;
- Identificar nível de adequação aos objetivos inicialmente estabelecidos;
- Identificar disfunções relacionadas ao processo de implantação e;
- Finalizar intervenção.

6.2. Cenários de Implantação

6.2.1. Conceito

Os cenários de implantação são opções de configuração do sistema de supervisão de chão-de-fábrica. Neles são compilados os resultados obtidos pela análise do chão-de-fábrica, levantamento das necessidades do usuário e análise do modelo de referência para um processo de usinagem genérico (descritos posteriormente neste capítulo), em termos de funcionalidades, características e atributos do sistema de supervisão, dentre eles o custo.

O cenário de implantação acaba se tornando um documento que expressa as necessidades da empresa com relação às informações do chão-de-fábrica e a forma pela qual estas informações devem estar formatas e disponibilizadas para a empresa como um todo.

Uma vez definidas as características de cada cenário, a equipe responsável pela implantação do sistema (seja externa ou interna) é capaz de levantar os custos relativos a cada um deles. Para tanto, o cenário deve contemplar as características mais relevantes do projeto, desde a parte de sensores e dispositivos de chão-de-fábrica até aspectos de integração com demais sistemas. Além disso, é interessante que sejam definidos pelo menos dois cenários, um mais completo e outro mais simples. A definição de um terceiro cenário intermediário também ajuda numa melhor visualização em termos de custo/benefício do sistema de supervisão.

Atualmente, existem diversas tecnologias disponíveis no mercado que podem, de alguma maneira, constituir as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do sistema de supervisão, em termos de sensores, redes de campo, *software* de supervisão, base de dados etc. Além disso, também são muitos os seus fabricantes e são várias as empresas que trabalham no desenvolvimento e implantação de sistemas como este.

Desta forma, os cenários se tornam muito importantes para que seja realizada uma pesquisa de mercado válida, uma vez que fornecem os subsídios para a estruturação do sistema. Além disso, em se tratando de um projeto de maior envergadura, é imprescindível que esta pesquisa seja muito bem conduzida, pois os custos associados ao projeto serão, normalmente, elevados.

De posse dos cenários, a empresa pode determinar qual opção é a mais adequada, naquele momento, considerando sempre as necessidades da empresa e as restrições impostas ao projeto, como por exemplo, investimento previsto e tempo disponível.

Assim sendo, a etapa de definição dos cenários é indispensável para que o projeto de desenvolvimento e implantação do sistema de supervisão transcorra da melhor forma possível, pois os cenários facilitam as discussões entre as diversas partes interessadas no projeto e, sem dúvida, auxiliam sobremaneira as empresas de tecnologia ou a própria área de informática da empresa na elaboração das propostas.

6.2.2. Definição dos Cenários

A definição dos cenários deve considerar as características mais relevantes do sistema de supervisão de chão-de-fábrica. Como se trata de um sistema de informação, basicamente, o que o cenário deve contemplar são as informações consideradas importantes e alguns aspectos tecnológicos relacionados à sua aquisição.

Entretanto, o nível de detalhamento dos cenários pode variar de um caso para outro, dependendo, normalmente, do tempo disponível para esta etapa de definição e do nível de complexidade do projeto em si. É de suma importância, no entanto, que pelo menos seja descrito o mínimo necessário para entender a abrangência do projeto, ou seja, qual o domínio do problema e quais são as saídas do sistema.

Porém, quanto mais detalhados forem os cenários, melhor especificadas serão as propostas para desenvolvimento e implantação do sistema e, portanto, mais justa a comparação entre elas. Isto é, quanto menor o nível de detalhamento, menor é o entendimento e maior é a abertura (as fronteiras não ficam bem definidas). Assim sendo a possibilidade de discrepâncias entre as diferentes propostas é bem maior.

Neste caso, é importante não só definir quais as informações são relevantes mas, também, indicar qual a maneira mais eficiente para sua aquisição. Em outras palavras, um cenário bem elaborado depende não só do "por quê?" de cada informação, mas também do "como?" adquiri-la. Para isso, a equipe responsável

pela definição dos cenários deve incluir pessoas que entendam tanto da parte gerencial, para definir as informações que possibilitam um monitoramento dos aspectos mais importantes do chão-de-fábrica para empresa como um todo, quanto da parte tecnológica, para identificar a melhor maneira de se conseguir uma determinada informação, através do conhecimento do processo de produção e do funcionamento das máquinas e equipamentos.

Em linhas gerais, a grande maioria das informações da produção estão relacionadas a quantidades e tempos e, numa visão macro, monitorar o chão-de-fábrica seria adquirir essas informações sobre as máquinas e os equipamentos. Partindo desse princípio, a definição dos cenários poderia se iniciar na determinação de quais as máquinas e equipamentos deveriam ser monitorados.

Definição das máquinas e equipamentos

O chão-de-fábrica de uma empresa pode ser composto por uma infinidade de máquinas e equipamentos e um monitoramento completo poderia inviabilizar financeiramente um projeto de supervisão.

Desta forma, escolher quais as máquinas devem ser priorizadas, em virtude do conhecimento prévio da realidade do chão-de-fábrica em questão, é indispensável na definição de um cenário de implantação. Sem dúvida, a identificação dos recursos críticos é um ponto chave.

A análise parte então de uma visão mais global do chão-de-fábrica, onde são definidas quais as linhas ou células devem ser monitoradas. É claro que o ideal seria monitorar todas as linhas, mas deve-se considerar que, muitas vezes, o projeto de um sistema de supervisão de chão-de-fábrica, dependendo do porte, ocorre naturalmente em etapas, inclusive para que se possa avaliar os resultados provenientes da sua implantação, como é o caso de um projeto piloto.

Uma vez definida a linha ou as linhas de produção, inicia-se uma análise mais local, onde são definidas as máquinas e os equipamentos que serão monitorados. Normalmente, o monitoramento das máquinas contempla, pelo menos, as entradas e saídas da linha. É também importantíssimo monitorar aqueles recursos que representam gargalos para produção. Como, muitas vezes, esses gargalos são flutuantes, é necessário um bom conhecimento do dia-a-dia do ambiente produtivo para que esta definição seja a mais acertada possível. Além disso, em uma linha

muito extensa, pode-se agrupar algumas máquinas, que não sejam recursos críticos, em um conjunto e monitorar apenas a sua entrada e saída.

Enfim, a definição das máquinas e equipamentos a serem monitorados depende muito do quão detalhadas em termos de recursos de chão-de-fábrica devem estar as informações. Neste instante, são determinadas, então, quais seriam estas informações.

Definição das informações

Como dito anteriormente, a grande maioria das informações está relacionada a tempos e quantidades. Porém, além destas informações de caráter basicamente gerencial, existem também aquelas de caráter tecnológico.

Assim sendo, dependendo do recurso em questão, um simples monitoramento da quantidade produzida seria suficiente. Porém, em se tratando de um recurso crítico, um monitoramento mais completo poderia ser muito interessante para avaliar corretamente a sua capacidade produtiva e, ainda, fornecer subsídios para eventuais melhorias.

Para a manufatura discreta em geral e no caso específico das linhas de usinagem, as funcionalidades do sistema de supervisão, em termos de informação, poderiam ser as descritas a seguir.

Monitorar Quantidade

Figura 23 – Monitorar Quantidade

Monitorar Ciclo

Figura 24 – Monitorar Ciclo

Monitorar Parada

Figura 25 – Monitorar Parada

No caso da definição das informações, vale também ressaltar que além de determinar, especificamente, quais são elas, é necessário para muitas estipular, por exemplo, o seu grau de acuracidade. Dependendo de parâmetros como este, os instrumentos de medição, o tipo de tratamento do sinal, a velocidade da rede etc

variam e, conseqüentemente, o seu custo, que é proporcional ao grau de tecnologia associado.

Uma visão mais completa sobre a definição dessas informações é apresentada no item 6.3 – Definição das Informações.

Definições de caráter tecnológico

Uma vez definidas as informações e as máquinas, avalia-se um aspecto mais tecnológico da solução, ou seja, os cenários também podem e devem contemplar dados que auxiliem na definição do sensoreamento, da rede de campo, do *software* de supervisão e da base de dados. Os aspectos de integração também fazem parte do conjunto de características do sistema que devem ser indicadas pelos cenários. A seguir são apresentados alguns itens que podem ser úteis na definição dos cenários no que tange aos aspectos tecnológicos.

Definição do sensoreamento

- Tipo de sensor;
- Tipo de sinal;
- Classe de proteção;
- Acuracidade e;
- Intervalo de medição;

Definição da rede de campo

- Tipo do protocolo;
- Tempo de varredura;
- Extensão da rede;
- Número de módulos e;
- Topologia;

Definição do software de supervisão

- Número de telas;

- Número de relatórios;
- Apresentação das informações (gráficos, animações etc);
- Quantidade de licenças para projeto;
- Quantidade de licenças para visualização e;
- Recursos extras (aplicações via WEB, utilização de câmeras de vídeo etc);

Definição da base de dados

- Formato das informações;
- Mecanismos de consolidação;
- Armazenamento em tempo real e;
- Consultas pré-determinadas;

Definição dos aspectos de integração

Analisar os aspectos de integração com os demais sistemas de informação da empresa e apresentar a maneira como esta integração deve proceder. Neste caso, varia muito em função do sistema com o qual o sistema de supervisão do chão-de-fábrica deve se comunicar.

6.2.3. Escolha do Cenário Ideal

Como já foi dito anteriormente, a escolha do cenário ideal é o resultado da análise das opções (cenários) apresentadas em função das disponibilidades para o projeto, em termos de tempo e recursos financeiros. E, principalmente, como cada uma destas opções atende as expectativas do usuário.

6.3. Definição das Informações

A definição de quais informações de chão-de-fábrica são relevantes é uma atividade que deve estar suportada por um *frame* composto por três elementos básicos:

- Uma análise do chão-de-fábrica em questão;

- Um levantamento das necessidades do usuário e;
- Um modelo de referência para um processo de usinagem genérico.

A partir do modelo de referência para um processo de usinagem genérico, define-se qual o conjunto das informações que estão relacionadas ao funcionamento das máquinas. Tais informações são resultado do processamento de alguns dados básicos que representam a operação da máquina. Dentro desse conjunto, considerando a análise do chão-de-fábrica e o levantamento das necessidades do usuário, define-se quais são as informações relevantes para o caso em questão.

A análise do chão-de-fábrica apresenta as restrições em termos da coleta das informações, ou seja, em virtude da infra-estrutura existente no chão-de-fábrica, algumas das informações não podem ser coletadas automaticamente. Isso exige uma mudança na infra-estrutura atual, uma busca por soluções alternativas ou, em último caso, a exclusão da informação do conjunto a ser contemplado pelo sistema. Já o levantamento das necessidades do usuário define o conjunto das informações de interesse, que pode ou não ser alterado em virtude do modelo e da análise do chão-de-fábrica.

Na verdade, as informações que de fato farão parte do escopo tratado pelo sistema são o resultado da intersecção dos conjuntos definidos a partir da análise, levantamento e modelo.

6.3.1. Análise do Chão-de-Fábrica

A análise do chão-de-fábrica deve fornecer informações sobre a sua situação atual, em termos operacionais (que leva em consideração o conjunto de máquinas e equipamentos que compõem o chão-de-fábrica) e funcionais (que considera o tipo de produção, *layout* e o fluxo de informações no chão-de-fábrica). O resultado desta análise gera um documento que contempla, dentre outras coisas, a infra-estrutura das máquinas e avalia o seu nível de automação, possibilidades de interface, comunicação e dados que podem ser coletados automaticamente.

6.3.2. Levantamento das Necessidades do Usuário

O levantamento das necessidades do usuário abrange vários aspectos além da definição de quais informações são importantes, pois deve considerar também necessidades de interface e integração do sistema de supervisão com os demais sistemas da empresa. Basicamente, em termos de informação, podemos distingui-las em duas categorias: gerenciais (ou de controle) e tecnológicas. As informações gerenciais estão normalmente associadas aos dados contidos nas fichas de apontamento, que normalmente são preenchidas manualmente pelos operadores. Estas informações representam o *feedback* para o PCP. Já as informações tecnológicas representam os dados referentes à operação das máquinas e devem fornecer subsídios para avaliar o desempenho do chão-de-fábrica em termos operacionais.

Tanto o levantamento das necessidades do usuário quanto a análise do chão-de-fábrica são o resultado de visitas e entrevistas. Portanto, ao contrário do modelo de referência para um processo de usinagem genérico (descrito a seguir), não podem ser definidos a priori pois variam de um caso para outro. Cada empresa tem a sua realidade e um chão-de-fábrica peculiar.

6.3.3. Modelo de Referência para um Processo de Usinagem Genérico

Um modelo constitui uma representação simplificada da realidade em questão, seja um fenômeno físico, um processo produtivo ou a empresa como um todo. A partir deste modelo, cria-se uma percepção comum desta realidade e as condições para manipulá-la [1].

No caso, a realidade tratada é o processo de usinagem definido genericamente. Assim como em processos de outras naturezas, o fluxo de informações é elemento fundamental para o seu funcionamento. Diante disso, a construção de um modelo de referência de um processo de usinagem genérico sistematiza a definição dos requisitos de informação de chão-de-fábrica para um monitoramento adequado dentro de um contexto de manufatura integrada.

A construção de um modelo requer a definição de um domínio dentro do qual a análise é efetuada. No caso, este domínio é a própria máquina de usinagem. Em

um ambiente de manufatura discreta, cada máquina apresenta um comportamento relativamente independente em termos de seu funcionamento, ou seja, apesar de haver restrições relacionadas ao fluxo de material, o comportamento da máquina enquanto unidade produtiva é praticamente autônomo.

Figura 26 – Modelo de Referência de um Processo de Usinagem Genérico

Analisando o funcionamento de uma máquina-ferramenta, pode-se dizer que a sua operação também é discreta, isto é, em linhas gerais, seu ritmo de produção obedece a seqüência de estados “produzir-parar-produzir”. Partindo deste princípio, o modelo apresentado na Figura 26 pode ser encarado sob dois aspectos: produzir (“USINAR” – descrito em detalhes na Figura 27) e parar (“PARAR” – descrito em detalhes na Figura 28). O modelo considera ainda a interrupção do processo “usinar” por motivos, muitas vezes aleatórios, que neste trabalho serão abordados de forma genérica.

Produzir

Figura 27 – Detalhamento da processo USINAR

O evento “início de ciclo” dispara o processo “usinar” que, por sua vez, termina em uma das seguintes situações: (1) “fim de ciclo”, quando o processo ocorre normalmente, e (2) “ciclo interrompido”, quando o processo é interrompido por algum problema, tal como a quebra de uma ferramenta (Figura 28). Neste caso, é necessário que providências sejam tomadas (“solucionar problemas”) de modo que o ciclo possa ser reiniciado (Figura 27).

Um processo de usinagem genérico é caracterizado por três etapas: (1) aproximar a ferramenta de corte, (2) remover material e (3) afastar a ferramenta. Vale ressaltar que a interrupção do ciclo de usinagem pode ocorrer em qualquer uma destas etapas.

Parar

Figura 28 – Detalhamento do processo PARAR

Ao final de cada ciclo de usinagem ("fim de ciclo"), segue-se um período no qual a máquina não realiza nenhuma operação de usinagem (daí a denominação PARAR). É neste momento que se realizam algumas atividades, como por exemplo, a carga e descarga da peça, *set-up* da máquina (no caso de mudança nas características da peça), manutenção corretiva e preventiva ou mesmo ajustes do equipamento (Figura 28).

Porém, podem ocorrer situações nas quais a máquina se encontra parada por motivos alheios ao seu funcionamento ("tratar problemas operacionais"), como por exemplo, falta ou excesso de peças na linha, falta de recursos (operador, ferramental etc.) ou quaisquer outros que impeçam a sua operação. Uma vez resolvidos eventuais problemas ou realizadas as atividades necessárias, pode ser reiniciado o ciclo para produção de uma nova peça.

O modelo descrito não considera o fluxo de informações que existe no chão-de-fábrica, ou seja, não foram contempladas as informações de entrada do processo de usinagem, tais como ordem de fabricação/produção, plano de processo etc., nem tampouco aquelas de saída relacionadas ao controle do que foi realizado, embora o formalismo utilizado na representação permita tais desdobramentos. Esta informações de controle estão normalmente ligadas ao PCP

(Planejamento e Controle da Produção) [4], e muitas delas têm importância fundamental também para custos, produção, suprimentos etc.

Apesar de o fluxo não estar retratado, as informações de controle, basicamente relacionadas a tempos e quantidades, são facilmente extraídas do modelo e podem ser avaliadas sob três perspectivas: peça, ordem de produção e máquina. Considerando-se a peça em específico, a cada vez que o ciclo é finalizado, uma peça é produzida, embora ocorram situações em que a máquina opera “em vazio”. Além disso, o tempo de processamento da peça é a própria duração do processo “usinar”— intervalo entre os eventos “início de ciclo” e “fim de ciclo”. De forma análoga, o tempo de carga e descarga da peça também pode ser obtido facilmente (duração do processo “efetuar carga e descarga”).

Considerando-se que uma ordem de produção dispara a execução de uma determinada quantidade de peças, as informações relacionadas a esta ordem são, na verdade, o resultado do somatório de todas as informações individuais das peças que a compõem. Portanto, para cada ordem de produção, obtêm-se um conjunto de informações sobre o que foi realizado: tempo de execução da ordem, tempo de máquina parada discriminado por motivo, quantidade de peças produzidas, entre outras.

Por outro lado, se o foco for a máquina, pode-se conseguir informações sobre produção (quantidade de peças), ritmo (peças/hora), tempo total de produção por turno, tempo total de parada por turno discriminado por motivo etc. Além disso, considerando-se a linha de produção como uma sequência de máquinas, pode-se obter informações sobre tempo de espera, tempo de movimentação, gargalos, refugos por máquina e por linha etc. Em outras palavras, entendendo-se a máquina como uma entidade que processa entradas em saídas [51], as informações estão relacionadas à sua eficiência e eficácia (Figura 29).

Figura 29 – Eficiência e Eficácia [51]

6.4. Aspectos Humanos

Outro ponto muito importante a ser considerado na implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica está relacionado ao impacto junto às pessoas que tenham as suas atividades, direta ou indiretamente, afetadas pelo uso deste sistema.

Como se trata de um sistema de supervisão das atividades da produção, é imprescindível que fique muito claro para os operadores que trabalham no chão-de-fábrica que a função do sistema não é delatar os funcionários. Caso esta idéia não esteja bem consolidada junto aos mesmos, podem surgir diversas dificuldades durante a fase de projeto e implantação do sistema e, principalmente, problemas de operação.

O trabalho de conscientização dos funcionários é indispensável para que os mesmos ajudem no processo de implantação do sistema, pois no seu dia-a-dia, eles estão em contato direto com a produção e sabem, melhor que ninguém, quais são os problemas mais freqüentes no chão-de-fábrica.

A partir do momento que eles enxergarem o sistema como uma ferramenta que vai auxiliar o seu trabalho, por exemplo mostrando para a alta gerência problemas que, muitas vezes, somente eles enfrentam e diminuindo o tempo improdutivo devido ao preenchimento manual de apontamentos, fica mais fácil obter a sua colaboração.

A função deste sistema é monitorar os processos e não as pessoas.

7. ESTUDO DE CASOS

7.1. Caso 1 – FIM

7.1.1. Empresa

A Fábrica Integrada Modelo (FIM) é um ambiente de manufatura próximo do real. Ela é formada por uma área de escritório, um chão-de-fábrica com duas células flexíveis de manufatura e laboratórios, nos mesmos moldes de uma empresa de manufatura.

Nesta fábrica, há funcionários (personagens), produtos, documentos, entre outros tipos de recursos e informações que seriam encontradas numa empresa real.

Na FIM são gerados Cenários de Integração dentro dos quais os grupos de pesquisa do NUMA podem testar soluções existentes, avaliar suas pesquisas e realizar treinamentos e cursos imersos em um ambiente que simula grande parte das condições reais de uma empresa. É também uma forma dos grupos apresentarem seus projetos de pesquisa.

7.1.2. Projeto

Nesse ambiente foi feita uma primeira análise da metodologia de implantação do sistema de supervisão. Inicialmente, fez-se um levantamento das necessidades do usuário, onde foram definidas quais informações das máquinas seriam interessantes obter automaticamente por um sistema de supervisão:

- Número de peças produzidas por máquina;
- Ritmo da produção;

- Tempos de ciclo;
- Tempos de parada;
- Motivos de parada

Uma vez definidas as necessidades do usuário, realizou-se uma análise da infra-estrutura existente para saber quais informações poderiam ser coletadas de cada máquina.

Tabela 6 – Infra-Estrutura da FIM

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Torno Index	CNC Siemens	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), <i>Status</i> , Tempos de ciclo e parada	Contatos secos de início e fim de ciclo
Centro de Usinagem Varga	CNC Sinumerik 3M	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), <i>Status</i> , Tempos de ciclo e parada	Contatos secos de início e fim de ciclo
Retificadora Zema	CNC 8000 Zema	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), <i>Status</i> , Tempos de ciclo e parada	Contatos secos de início e fim de ciclo
		Tempos de posicionamento e efetivo de usinagem	Sensor de emissão acústica

A partir do modelo de usinagem genérico desenvolvido, neste trabalho, foi possível determinar quais informações seriam coletadas diretamente da máquina e quais serão coletadas por sensores. As informações relativas a *status* da máquina e tempos de ciclo e parada foram coletadas apenas com o sinal de início e fim de ciclo da máquina. Já para a contagem do número de peças, além do sinal de início e fim de ciclo, foi necessária a de um sensor que confirmasse a presença de peça durante a usinagem (sensor de potência e/ou emissão acústica). Como na retificadora existe um sensor de emissão acústica instalado, será possível dividir o tempo de ciclo em tempos de posicionamento da ferramenta e efetivo de usinagem. Assim, foi possível construir dois cenários de implantação do sistema de supervisão (Tabelas 7, 8 e 9).

Tabela 7 – Cenários “Torno”

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1	Comando do CNC que liga o fluido de corte	Início de ciclo, Produção, Ritmo, <i>Status</i>	1	D
1	Comando do CNC que indica fim do programa	Fim de ciclo, Produção, Ritmo, <i>Status</i>	1	D
1	Sensor de emissão acústica	Confirmar presença de peça	1	A
2	Sensor de emissão acústica	Tempos de posicionamento e efetivo de usinagem	1	A
2	Botoeira	Motivos de parada	6	D

Tabela 8 – Cenários “Centro de Usinagem”

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1	Contato seco que indica início e fim de execução do programa CNC	Início e fim de ciclo, Produção, Ritmo, <i>Status</i>	1	D
1	Sensor de potência	Confirmação da presença de peça	1	A
2	Sensor de emissão acústica	Tempos de posicionamento e efetivo de usinagem	1	A
2	Botoeira	Motivos de parada	6	D

Tabela 9 – Cenários “Retificadora”

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1	Comando do CNC que liga o contraponto	Início e fim de ciclo, Produção, Ritmo, <i>Status</i>	1	D
1	Sensor de potência	Confirmação da presença de peça	1	A
1	Sensor de emissão acústica	Tempos de posicionamento e efetivo de usinagem	1	A
1	Botoeira	Motivos de parada	6	D

Como a retificadora já possuía o sensor de emissão acústica, ficou decidido que o cenário para ela seria completo. Assim, a configuração do sistema para o cenário 1 ficou da seguinte forma:

7.1.3. Arquitetura do Sistema

Foi implantado na FIM o cenário 1 e a arquitetura do sistema é apresentada na Figura 30.

Figura 30 – Arquitetura do Sistema na FIM

Hardware

- 1 módulo com 32 entradas digitais;
- 2 módulos com 4 entradas analógicas cada;
- 1 placa controladora para PC;
- 1 terminal de barramento;
- 50 metros de cabo;
- 1 fonte de alimentação 24VCC e;
- Plugs e conectores.

Software

- 1 software para configuração da rede de campo e;
- 1 software SCADA.

7.1.4. Configurações do Sistema

Placa Controladora

A placa controladora é responsável por adquirir os dados junto à rede de campo. Além disso, será responsável também pela compilação destes dados em informações básicas a fim de diminuir a necessidade de processamento no *software* de supervisão, aumentando o desempenho do sistema como um todo. As linguagens utilizadas são FSB (Blocos de Função) e SL (Linguagem Estruturada). O programa é composto pelo programa principal e três sub-programas básicos, além de três sub-programas auxiliares. A seguir serão apresentados, para ilustrar, dois programas desenvolvidos durante o desenvolvimento do sistema na FIM.

Programa Principal

O programa principal tem como variáveis de entrada os seguintes sinais (por máquina):

- Sinal de Ciclo (início e fim de ciclo) – Digital: CICLO;
- Sinal de Potência – Analógico: POTENCIA;
- Sinal de Emissão Acústica (EA) – Analógico: EA;
- Sinais da Botoeira (6) – Digital: MOT1, MOT2, MOT3, MOT4, MOT5 e MOT6.

Como saída, o programa fornece as seguintes informações:

- Contagem de Peças: NR_PEC;
- Tempo de Ciclo: TEMPO_CICLO;
- Tempo de Aproximação: TEMPO_APROX;
- Tempo Efetivo de Usinagem: TEMPO_EFETIVO;
- Tempo de Afastamento: TEMPO_AFAST;
- Motivo de Parada: MOTIVO;
- Tempo de Parada: TEMPO_PAR.

Figura 31 – Programação da Placa Controladora: Programa Principal

Sub-Programa EA

O sub-programa EA tem as seguintes variáveis de entrada:

- Nível de Emissão Acústica: NIVELEA;
- Sinal de Ciclo: CICLO;
- Sinal de Emissão Acústica: EA.

E como variáveis de saída:

- Tempo de Aproximação: TEMP_APROX;
- Tempo Efetivo de Usinagem: TEMP_USIN;
- Tempo de Afastamento: TEMP_AFAS.

Figura 32 – Programação da Placa Controladora: Bloco de Função EA

Figura 33 – Programação da Placa Controladora: Programação (FSB) da Função EA

Este sub-programa apresenta, resumidamente, a seguinte lógica de funcionamento:

- **Tempo de Aproximação:** é o tempo decorrido entre os eventos de início de ciclo (sinal de ciclo igual a "1") e sinal de emissão acústica acima do nível especificado (que indica que houve contato da ferramenta com a peça)
- **Tempo Efetivo de Usinagem:** é o tempo em que o sinal de emissão acústica está acima do nível especificado;
- **Tempo de Afastamento:** é o tempo decorrido entre a detecção de que não há mais contato da ferramenta com a peça (sinal de emissão acústica abaixo do nível especificado) e fim de ciclo (sinal de ciclo igual a "0").

Software de Supervisão

A seguir são apresentadas as telas desenvolvidas para o sistema de supervisão do chão-de-fábrica da FIM.

Figura 34 – Tela de Abertura do Sistema de Supervisão da FIM

Figura 35 – Tela Específica do Torno

Figura 36 – Tela Específica do Centro de Usinagem

Figura 37 – Tela Específica da Retificadora

7.1.5. Considerações

O desenvolvimento e implantação do sistema de supervisão do chão-de-fábrica na FIM foi, sem dúvida, uma das atividades mais importantes desenvolvidas

durante a pesquisa. Ela possibilitou implementar os conceitos envolvidos no trabalho e, mais ainda, avaliar o desempenho do sistema em operação.

A arquitetura proposta bem como as tecnologias empregadas apresentaram um desempenho muito satisfatório, mesmo utilizando protocolos abertos de comunicação (OPC entre a placa controladora e o *software* de supervisão e ODBC entre o *software* de supervisão e a base de dados) que, normalmente, comprometem a velocidade do sistema.

O sistema está operando atualmente na FIM e faz parte (como um dos principais componentes) do *Production Cockpit* que é um projeto em desenvolvimento no NUMA e que conquistou primeiro lugar num concurso internacional (Apêndice I). Neste projeto, o sistema de supervisão estará integrando o chão-de-fábrica com um sistema ERP, fornecendo informações confiáveis e em tempo real.

7.2. Caso 2 – Empresa A

7.2.1. Empresa

Unidade de um grupo multinacional da área automotiva, situada na cidade de Campo Limpo Paulista e fabricante de virabrequins, bielas e outros componentes automotivos.

7.2.2. Projeto

A empresa apresentava problemas de planejamento e programação da produção e necessitava de um sistema que fornecesse informações confiáveis do chão-de-fábrica, para ter uma noção mais precisa da capacidade produtiva do parque instalado.

Foi, então, proposta uma parceria com o NUMA para tentar solucionar o problema. O NUMA faria uma análise de viabilidade de se instalar um sistema de supervisão de chão-de-fábrica em todas as linhas responsáveis pelo produto virabrequim, focando tanto informações gerenciais quanto informações tecnológicas.

Os processos de fabricação que estão envolvidos na fabricação do virabrequim são: forjamento, furação, torneamento, fresamento e retificação, além do tratamento térmico, testes de dureza, balanceamento e acabamentos. O processo é dividido em três linhas principais: linha 1, linha 2 e linha 3. Os detalhes de cada máquina ou linha não serão revelados e só será contemplado neste estudo de caso o que diz respeito à análise da viabilidade da implantação do sistema de supervisão de chão-de-fábrica.

A análise compreendeu um estudo da infra-estrutura das linhas, observando cada máquina, sua forma de controle (elétrico, CLP ou CNC), as informações necessárias e o sinal relacionado, juntamente com os prováveis pontos para coleta de dados, seja por sensores ou diretamente da máquina.

Depois foram realizadas entrevistas com a equipe para se determinar quais as expectativas da empresa com relação ao sistema e, principalmente, quais as informações da produção deveriam ser contempladas. Em seguida, foram elaborados propostas de cenários do sistema de supervisão, cada uma com diferentes funcionalidades e custo, que foram apresentadas para a diretoria da empresa. A análise de infra-estrutura e os cenários propostos são apresentados no Apêndice II.

7.2.3. Considerações

O compromisso do NUMA, neste projeto, compreendia a análise de viabilidade técnica e econômica de se implantar um sistema de supervisão de chão-de-fábrica na empresa em questão. Esse objetivo foi alcançado com sucesso e resultou na elaboração dos cenários de implantação que foram apresentados à diretoria que, por sua vez, optou por aquele que foi considerado mais viável para um projeto piloto.

No que tange ao desenvolvimento da pesquisa, esse projeto foi muito importante, pois possibilitou o exercício da metodologia de implantação descrita anteriormente, ou pelo menos de parte dela, no que diz respeito a definição dos cenários. Foi inclusive, neste projeto, que surgiu a idéia de se elaborar cenários de implantação que, felizmente, foi muito bem aceita pelos membros da equipe de implantação e, principalmente, pelas empresas de desenvolvimento e implantação de sistemas que elaboraram suas propostas com base nesses cenários.

Além disso, o projeto serviu para reforçar a convicção de que esse tipo de solução de monitoramento é um grande diferencial competitivo para as indústrias de usinagem e, ainda, que estas empresas apresentam uma grande carência com relação a informações confiáveis do ambiente produtivo.

7.3. Caso 3 – Empresa B

7.3.1. Empresa

A empresa, situada no ABC paulista, é a maior fabricante mundial de válvulas para motores e parceira do NUMA em outros projetos de pós-graduação.

7.3.2. Projeto

A empresa demonstrou uma grande interesse no sistema de supervisão de chão-de-fábrica e foi proposto um projeto de análise de viabilidade de implantação deste sistema.

Seguindo a metodologia descrita anteriormente, o primeiro passo foi criar uma equipe de trabalho altamente motivada com o projeto. A equipe compreendeu uma pessoa de PCP, uma da manutenção, uma da produção e o gerente da fábrica. O próximo passo foi avaliar as necessidades de implementação do sistema de supervisão, através de entrevistas com os funcionários da empresa. O resultado das entrevistas são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Expectativas (Caso 3)

Expectativas			
produção por turno	motivo do refugo	situação da ferramenta	soluções adotadas para problemas e responsável
tempo de <i>set-up</i>	produção por válvula	refugo	registro de manutenção com máquina em operação
produção por OF	capacidade da linha	ajustes por dressagem	paradas por vazamento
rastreabilidade do lote	tempo de uso da linha	confiabilidade da máquina	fluido de corte
tempo de ciclo	tempo de paradas	medidas de ajuste	peças por dressagem
gargalos	motivo de paradas	motivos de parada de manutenção	paradas por batimento

A próxima etapa foi analisar a situação atual da empresa e delimitar as fronteiras do processo em análise. Nesta etapa também foi feita a análise da infra-estrutura das linhas, ou seja, observar cada máquina das linhas, sua forma de controle, quais informações podem ser extraídas e quais sinais estão relacionados com as informações.

Foi definido que apenas uma linha composta de cinco retificadoras seria considerada. A análise de infra-estrutura da linha é apresentada no Apêndice III.

A etapa seguinte consistia em direcionar a implantação de acordo com a infra-estrutura local e com as expectativas dos funcionários. Nessa etapa foram definidos também os cenários de configuração do sistema.

Através da análise das expectativas dos funcionários, chegou-se à conclusão que seria mais vantajoso, em termos de resultados, abranger um domínio mais restrito. Portanto, foram consideradas apenas as expectativas mais urgentes e simples (Tabela 11).

Tabela 11 – Expectativas Consideradas

Expectativas Consideradas	
Produção por turno	confiabilidade da máquina
Tempo de <i>set-up</i>	produção por válvula
Produção por OF	capacidade da linha
Rastreabilidade do lote	tempo de uso da linha
Tempo de ciclo	tempo de paradas
gargalos	motivo de paradas
refugo	peças por dressagem

O cenário foi então definido em função das expectativas consideradas. Como o domínio do problema já foi reduzido, chegou-se a conclusão que apenas um cenário de configuração do sistema seria necessário (Apêndice III). Dessa forma, esse cenário único contemplaria todas as expectativas contida na Tabela 12.

Portanto, para cada máquina será obtida as seguintes informações de acordo com a Figura 38: início e fim de ciclo, confirmação do ciclo realizado (para contagem de peças), paradas e dressagem.

Figura 38 – Informações por Máquina

Uma vez definido qual o domínio do problema, as fronteiras do processo em análise e o cenário, a etapa seguinte da metodologia foi definir as iniciativas de implantação, ou seja, definiu-se a configuração específica do cenário a ser implantado, as responsabilidades e o orçamento final do projeto.

A arquitetura proposta para o sistema é apresentada na Figura 39.

Figura 39 – Arquitetura do sistema (Caso 3)

7.3.3. Considerações

Este projeto foi muito válido pelas mesmas razões já descritas no caso anterior. Foi possível também avaliar a importância do comprometimento das pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto. Nesta empresa, os funcionários ligados à produção (direta ou indiretamente) compreenderam os objetivos do projeto e, principalmente, a função do sistema. Isso foi essencial para que a equipe estivesse motivada e o projeto transcorresse de forma eficiente.

8. CONCLUÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresenta visões e conceitos que são muito úteis para o desenvolvimento e implantação de sistemas de supervisão de chão-de-fábrica em indústrias de usinagem, embora não se restrinjam apenas a este tipo de empresa, pois sua aplicação abrange a manufatura discreta em geral. As principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros são apresentadas a seguir.

8.1. Conclusões

- Os conceitos, métodos, ferramentas e sistemas, apresentados na sua maioria na revisão bibliográfica, foram fundamentais para a formação de uma base de conhecimentos que, sistematizados principalmente na forma de cenários de implantação, auxiliaram tanto na definição do sistema (concepção e construção) quanto na sua implantação. A concepção do projeto está relacionada aos conhecimentos, tais como *Computer Integrated Manufacturing*, *Business Process* e Modelagem de Processos, que auxiliam na definição das funcionalidades do sistema e, de forma mais ampla, na identificação do contexto no qual ele se encaixa (Gestão da Produção e Sistemas ERP). A construção, por sua vez, abrange em grande parte as ferramentas e sistemas que possibilitam a implementação do sistema, dentre os quais se destacam Sensores, Redes de Campo, Sistemas de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA), Base de Dados e Sistemas de Informação.
- A criação do conceito de cenários viabilizou uma das formas de implantação do sistema, apresentando-se como uma abordagem bastante eficiente neste processo, uma vez que nos cenários são estruturadas as principais características que o sistema deve apresentar. Este conceito foi aplicado em dois projetos com empresas reais, além do projeto na FIM, e teve uma

aceitação muito grande tanto por parte das empresas interessadas quanto das empresas integradoras, responsáveis pela implementação da solução, que avaliaram os cenários como uma excelente ferramenta para análise de requisitos do sistema. Em uma destas empresas o sistema já se encontra na fase de implantação.

- O método de definição dos cenários sugere atividades para análise do chão-de-fábrica e levantamento das necessidades do usuário. Nos cenários, é definido o domínio de atuação do sistema, as principais informações da produção e alguns aspectos tecnológicos que auxiliam na estruturação da solução. Neste contexto, a definição de cenários caracteriza-se como uma das principais etapas da metodologia de implantação do sistema.
- Os projetos relatados no estudo de casos foram muito importantes para o desenvolvimento da pesquisa, pois ilustraram e exemplificaram muitos dos problemas atuais, que fazem parte do dia-a-dia da grande maioria empresas de manufatura, e que outrora motivaram e contextualizaram esse trabalho. Além disso, foi uma oportunidade para constatar, na prática, o grande diferencial competitivo que o tipo de solução tratado neste trabalho pode representar para as indústrias de usinagem.
- O projeto desenvolvido na FIM, para aplicação experimental da solução, foi ainda um excelente laboratório para testar e validar a arquitetura do sistema de supervisão proposta neste trabalho, que se mostrou eficiente e econômica. Os resultados foram satisfatórios, pois o sistema forneceu informações confiáveis e em tempo real, e confirmaram as expectativas com relação às tecnologias utilizadas, já consagradas e em uso em outros tipos de indústria.
- Além disso, é muito importante ressaltar que os maiores ganhos provenientes da utilização deste tipo de solução não estão relacionados diretamente ao sistema e, sim, às ações tomadas a partir das informações fornecidas com qualidade, por ele. Neste ponto da pesquisa, a função do sistema é dar os subsídios necessários para que sejam tomadas decisões cada vez mais eficazes e eficientes no que tange ao ambiente produtivo.

8.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Uma vez que o sistema gera uma enorme quantidade de informações que são armazenadas na base de dados, nada impede que novas soluções, como, por exemplo, de *data warehouse* e *data mining*, sejam desenvolvidas a fim de aumentar as contribuições do sistema como um todo.

A partir desta base, é possível ainda a integração com outros sistemas de informação. A exemplo do *Production Cockpit*, projeto em desenvolvimento atualmente no NUMA, que tem o sistema de supervisão como um de seus alicerces principais e que foi consagrado com a conquista de um prêmio internacional.

Além desses exemplos de futuros projetos, existem ainda uma série de sugestões relacionadas ao desenvolvimento do sistema, como, por exemplo, utilização de recursos *web* no desenvolvimento dos aplicativos de supervisão e outros recursos gráficos e de animação que, indiscutivelmente, aumentam a eficiência do sistema, pois melhoram, substancialmente, o nível de interação com o usuário.

A despeito dos possíveis avanços que o sistema ainda pode sofrer, à medida que novas pesquisas forem realizadas, o sistema proposto é um passo inicial que, por sua vez, é de fundamental importância, pois representa a base para os demais trabalhos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VERNADAT, F. B. (1996). Enterprise modeling and integration: principles and applications. London, Chapman & Hall.
- [2] SCHEER, A. –W. (1994). Business process engineering. Berlin, Springer-Verlag.
- [3] BERGER, L. A.; SIKORA, M. J. (1993). The change management handbook. (s.n.).
- [4] SCHEER, A. –W. (1993). CIM: evoluindo para a fábrica do futuro. Rio de Janeiro, Qualitymark.
- [5] CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. (1996). Just in time, MRPII e OPT. São Paulo, Atlas.
- [6] CAETANO, A. G. L. S.; MEIRELES, G. S. C.; OLIVEIRA, J. F. G.; SOUSA, G. W. L. (1999). Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAIS DA TECNOLOGIA DA MOBILIDADE, 8., São Paulo, 1999. SAE Brasil 99. São Paulo, SAE do Brasil (SAE Technical Paper Series, 1999-01-3021).
- [7] BINDER, F.V. (1994). Sistemas de apoio à decisão. São Paulo, Érica.
- [8] NUMA. (1999). Atualize seus conhecimentos. <http://www.numa.org.br>. (26/Sept).
- [9] DEGARMO, E. P.; BLACK, J. T.; KOHSER, R. A. (1997). Materials and processes im manufacturing. Prentice-Hall.
- [10] DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N.L. (1999). Tecnologia da usinagem dos materiais. Ed. MM.

- [11] ELIPSE SOFTWARE. (1999). Tutorial SCADA. <http://www.elipse.com.br>. (12/Feb).
- [12] TEK SOFT CONSULTING. (1999). SCADA Introduction. <http://www.iinet.net.au/intro.html>. (25/Aug).
- [13] GERMAIN, G. L.; CLARKE, T. W. (1998). The A. R. T. of supervisory control and data acquisition. In: INTERNATIONAL PIPELINE CONFERENCE. Proceedings. v.2.
- [14] OPC FOUNDATION. (1999). OPC. <http://www.opcfoundation.org>. (22/Apr).
- [15] UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. (1999). O que é ODBC?. <http://www.ucs.tche.br/asimov/bd/odbc.htm>. (12/Aug).
- [16] BYRNE, G. et al. (1995). Tool condition monitoring (TCM) – the status of research and industrial application. Annals of the CIRP, p. 1-27.
- [17] FIELDBUS FOUNDATION (1999). Fieldbus technology: what is fieldbus? <http://www.fieldbus.org/ftwhatpg.htm>. (01/Sept).
- [18] CHAMANE, L. A.; NUNES JUNIOR, A. F.; HANCKE, G. P. (1997). Industrial information infrastructure and intelligent instrumentation - the options. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Piscataway, 1997. Proceedings. v.1, p. 44-48.
- [19] FRANCO, L. R. H. R. (1998). A normalização do fieldbus: a dificuldade e o sucesso da aprovação do voto brasileiro. InTech, n.3, p. 31-34, Abril.
- [20] ROCHA, I. R. (1998). Redes de comunicação industriais: solução ou opção?. InTech, n.4, p. 26-30, Maio.
- [21] DATE, C. J. (1990). Introdução a Sistemas de Banco de Dados. São Paulo, Campus.
- [22] DATE, C. J. (1989). Banco de Dados: Tópicos Avançados. São Paulo, Campus.
- [23] KIMBALL, R. (1998). Data Warehouse Toolkit. Editora Makron.

- [24] INMON, W. H.; HACKATORN, R. D. (1997). Como Usar o Data Warehouse. Editora Infobook.
- [25] HUGHES, A. M. (1998). Database Marketing Estratégico. Editora Makron.
- [26] FURLAN, J. D. (1997). Modelagem de negócio. São Paulo, Makron Books.
- [27] PRESSMAN, R. S. (1995). Engenharia de software. São Paulo, McGraw-Hill: Makron.
- [28] SHEER, A. W. (1991). Principles of efficient information management. Germany, Springer-Verlag.
- [29] SOUSA, G. W. L. (1999). Aplicação de conceitos de modelagem e integração de empresas no gerenciamento de projetos de transformação organizacional: uma abordagem voltada a construção de sistemas de informação. São Carlos. 140p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [30] ROZENFELD, H. (1996). Reflexões sobre a manufatura integrada por computador (CIM). In: Manufatura Classe Mundial: Mitos E Realidade. São Paulo,
- [31] GORANSON, H. T. (1997). Human factors and enterprise integration. Workshop 1 Report ICEIMT, 82-87.
- [32] GARVIN, D. A. (1995). Leveraging process for strategic advantage. Harvard Business Review. Harvard, v. 73, n. 5, p. 76-90.
- [33] SLACK, N et al. (1997). Administração da Produção. São Paulo, Atlas.
- [34] BOONSTRA, F. K.; VAN LANGEN, P. H. G. (1990). Dynamic project scheduling in a one-of-kind production environment. Vrije Universiteit Amsterdam.
- [35] ALMEIDA, D. A. (1992). Os gargalos da produção. Revista de Produção da UFSCar. n.1.
- [36] DOULGERI, Z.; MAGALETTI, N. (1991). Production control policies for a flexible assembly system. Robotics & Computer-Integrated Manufacturing. v.8, n.2.

- [37] CONTADOR, J. C. (1997). *Gestão de operações*. São Paulo, Edgard Blucher Ltda.
- [38] CHIAVENATO, I. (1991). *Iniciação à administração da produção*. São Paulo, McGraw Hill: Makron Books.
- [39] BAUER, A. et al (1991). *Shop floor control systems*. London, Chapman & Hall.
- [40] CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. (1997). Planejamento, programação e controle da produção. São Paulo, Atlas.
- [41] DAVENPORT, T.H. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. Harvard Business Review. July/Aug. , p.121-131.
- [42] BREMER, C. F. (1995) Proposta de uma metodologia para o planejamento da manufatura integrada por computador. São Carlos. 214p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- [43] AGOSTINHO, O. L. (1996) Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura como Pré Requisito de Competitividade. Campinas. 265p. Tese (Livre Docência) – Universidade Estadual de Campinas
- [44] MONOSTORI, L.; SZELKE, E.; KÁDÁR, B. (1998). Management of changes and disturbances in manufacturing systems. Annual Reviews in Control. v.22, p. 85-97.
- [45] PHOENIX CONTACT. (1997). Interbus. User manual, general introduction to the Interbus system. Blomberg.
- [46] PHOENIX CONTACT. (s.d.). Intebus. The sensor actuator bus. Wien.
- [47] CLEMONS, J. W. (1996). Developing user friendly shop floor systems: considerations in the design of graphical user interfaces. In: INDUSTRIAL COMPUTING CONFERENCE, Chicago, 1996. Proceedings, Research Triangle Park/ISA. v.6, n.1, p.127-134.
- [48] RENTES, A. F. (1995). Proposta de uma metodologia de integração com utilização de conceitos de modelagem de empresas. São Carlos. Tese

(Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- [49] SINK, D. S.; MORRIS, W. T. (1995). By what method? Norcross, Engineering and Management Press: Institute of Industrial Engineers.
- [50] RENTES, A. F.; VAN AKEN, E. M.; BUTLER, M. R. (1999). An organizational assessment method for transformation efforts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE MANAGEMENT OF ENGINEERING TECHNOLOGY (PICMET '99), Portland, 1999. Annals.
- [51] ROLSTADÅS, A. (1998). Enterprise performance measurement. International Journal of Operations & Production Management, v.18, n.9/10, p.989-999.

10. APÊNDICE I – PRÊMIO INTERNACIONAL

10.1. Resumo do Prêmio SAP

Todas as instituições membros do Programa de Aliança Universitária dos Estados Unidos, Canadá e América Latina são convidados a participar do Programa de Premiação. São duas modalidades:

10.1.1. Desenvolvimento de *curriculum*

Uma meta primária do Programa de Aliança Universitária é apoiar faculdades no desenvolvimento de currículos inovadores e criativos que ensinem processos de negócios integrados, *supply chain management*, e outros tópicos educacionais, incorporando o R/3 como ferramenta de ensino e aprendizado. Propostas que demonstrem aplicações novas e inovadoras de R/3 em negócio, engenharia, MIS, administração de produção, administração de serviços e outros programas de graduação são encorajados

Também são encorajadas propostas para o desenvolvimento de currículos que demonstrem a interdependência global de *supply chain planning e managment* e/ou projetos de currículos que incorporem SAP *New Dimension Products* incluindo *Business Warehouse* (BW), *Business Workbench* (BW), *Advanced Planner and Optimizer* (APO), *Business to Business Procurement* (B2B) e *Customer Relationship Management* (CRM).

10.1.2. Pesquisa e Aplicação:

Uma meta secundária do Programa de Aliança Universitária é focado em pesquisa e desenvolvimento. Propostas que demonstrem aplicações criativas e

soluções para pesquisar problemas incluindo, mas não limitados, a tópicos como a interface de R/3 com tecnologia digitais (por exemplo câmara digital, vídeo digital, som digital), aplicações de robótica, *data mining*, *Global Positioning Systems* (GPS), aplicações base *web* e administração de conhecimento são encorajadas como projetos que aplicam SAP *New Dimension products Business to Business Procurement* (B2B) e *Customer Relationship Management* (CRM).

10.2. Resumo do Projeto de Pesquisa e Aplicação

O projeto de pesquisa e aplicação apresentado pelo NUMA leva o título de “*INTEGRATED PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*” e a proposta é desenvolver um *Production Cockpit* (Painel de Controle da Produção), utilizando alguns dos produtos da SAP citados no item anterior, tais como APO, BIW, LIS e o próprio R/3. Este *Production Cockpit* será usado para fins de demonstração e educação e representará um ambiente no qual diversos projetos de pesquisa poderão ser desenvolvidos e validados.

A principal abordagem e justificativa para o projeto é importância de informações confiáveis e disponíveis do ambiente produtivo para que as atividades de planejamento e tomada de decisão possam contribuir, efetivamente, para a melhoria de desempenho do chão-de-fábrica e da empresa como um todo. O projeto utiliza soluções SAP e o sistema de supervisão de chão-de-fábrica, desenvolvido neste trabalho de mestrado sistema, para avaliar possíveis melhorias na programação da produção bem como no gerenciamento logístico e da cadeia de suprimentos.

Além disso, o projeto como um todo permitirá o fluxo contínuo de dados entre os parceiros da cadeia de suprimentos em todo o mundo e converterá uma grande quantidade de dados de diversas fontes em informações significativas para diversos usuários dentro da empresa, desde o chão-de-fábrica até a alta gerência.

10.3. Considerações

Neste prêmio, o Núcleo de Manufatura Avançada – NUMA competiu com instituições de ensino superior dos EUA, Canadá e demais países da América

Latina, totalizando cerca de 80 concorrentes. O projeto "*INTEGRATED PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*" ficou em primeiro lugar, o que, sem dúvida, atesta a competência da instituição e de seus integrantes, além de comprovar, mais uma vez, a relevância prática deste projeto de pesquisa, uma vez que ele é a base para o desenvolvimento do *Production Cockpit*.

11. APÊNDICE II – CASO 2

Tabela 12 – Infra-Estrutura da Linha 1 (Caso 2)

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Máquina 1	CLP	Ritmo (peças/hora), Temperatura, <i>Status</i>	Contatos secos
Máquina 2	CLP	Ritmo (peças/hora), Temperatura, <i>Status</i>	Contatos secos
Máquina 3	CLP	Ritmo (peças/hora), Temperatura, <i>Status</i>	Contatos secos
Máquina 4	CLP	Produção (nº de peças), Ritmo (peças/hora), Parada (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Fotocélula Parada de emergência
Máquina 5	Elétrico	Produção (nº de peças), Ritmo (peças/hora), Parada (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Embreagem Motor
Máquina 6	CLP	Produção (nº de peças), Ritmo (peças/hora), Parada (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Embreagem Motor
Máquina 7	CLP	Produção (nº de peças), Ritmo (peças/hora), Parada (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contato seco
Máquina 8	Elétrico	Produção (nº de peças), Ritmo (peças/hora), Parada (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Embreagem Motor

Tabela 13 – Infra-Estrutura da Linha 2 (Caso 2)

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Máquina 1	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Motor Emergência
Máquina 2	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> Motor Emergência

Apêndice II

Máquina 3	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Motor • Emergência
Máquina 4	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Motor • Emergência
Máquina 5	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 6	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 7	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 8	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 9	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 10	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência • Fim da operação
Máquina 11	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência • Fim da operação
Máquina 12	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência • Fim da operação

Máquina 13	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência • Fim da operação
Máquina 14	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência • Fim da operação

Tabela 14 – Infra-Estrutura da Linha 3 (Caso 2)

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Máquina 1	CNC	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 2	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 3	CNC	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 4	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 5	CNC	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora)	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 6	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 7	CLP	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência

Máquina 8	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 9	-	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 10	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 11	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 12	CNC	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 13	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 14	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 15	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contatos secos: <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de fixação • Emergência
Máquina 16	Elétrico	Produção (nº peças), Ritmo (peças/hora), Paradas (Tempo, Motivo), <i>Status</i>	Contato seco (emergência)
Máquina 17	-	Produção (nº peças)	Sinal do sensor fim de linha (0 - 24V)

A partir dos dados levantados pela análise de infra-estrutura das linhas, concluiu-se que seria possível instalar o sistema de supervisão, uma vez que todas as máquinas são de eventos discretos e portanto se encaixa no modelo de referência desenvolvido nesse trabalho.

Depois de algumas reuniões para decidir quais informações seriam imprescindíveis, chegou-se a conclusão que três cenários seriam suficientes para abranger todo o domínio do problema. Os cenários são cumulativos, ou seja, o cenário 2 possui todas as funcionalidades do cenário 1 mais aquelas exclusivas dele mesmo e assim por diante. As tabelas abaixo mostram os cenários para as três linhas.

Tabela 15 – Cenário Conjunto 1 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Sensor na esteira de entrada do conjunto	Número de peças (tamanho do lote + descarte)	1	D
1/E	Sinal analógico da temperatura do conjunto	Temperatura	3	A
1/E	Teclado alfanumérico	OF, lote, corrida	-	S
1/E	Contato seco do forno	Status	3	D
2/N	View da programação diária (software existente no chão-de-fábrica)	OF, nº lote, corrida	-	-
3/N	Código de barras	OF, nº lote, corrida	-	S

Tabela 16 – Cenário Conjunto 2 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Sensor na esteira de saída do conjunto	Número de peças	1	D
1/E	Contato seco do motor	Status	2	D
1/E	Contato seco de emergência	Emergência	1	D

Tabela 17 – Cenário Máquina 5 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Sensor na esteira de saída da máquina	Número de peças, ritmo	1	D
1/E	Contato seco do motor	Status	1	D
1/E	Contato seco da embreagem	Status, Tempo produtivo, Tempo parado	1	D
1/E	Contato seco do botão de emergência	Emergência	1	D
1/N	Botoeira 1	Motivo de parada	6	D
1/N	Botoeira 2	Início e fim de turno	2	D
2/N	Sensor na entrada da máquina	Temperatura da peça	1	A
3/N	Sensor de presença	Presença/ausência de peça	1	D

Tabela 18 – Cenário Máquina 6 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Contato seco do motor	Status	1	D
1/E	Contato seco da embreagem	Status, Tempo produtivo, Tempo parado	1	D
1/E	Contato seco do botão de emergência	Emergência	1	D
2/N	Botoeira	Motivo de parada	6	D
2/N	Sensor na entrada da máquina	Temperatura da peça	1	A

Tabela 19 – Cenário Máquina 7 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Contato seco do motor	Status	1	D
1/E	Contato seco da embreagem	Status, Tempo produtivo, Tempo parado	1	D
1/E	Contato seco do botão de emergência	Emergência	1	D
2/N	Botoeira	Motivo de parada	6	D
2/N	Sensor na entrada da máquina	Temperatura da peça	1	A

Tabela 20 – Cenário Máquina 8 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/E	Contato seco do motor	Status	1	D
1/E	Contato seco da embreagem	Status, Tempo produtivo, Tempo parado	1	D
1/E	Contato seco do botão de emergência	Emergência	1	D
2/N	Botoeira	Motivo de parada	6	D
2/N	Sensor na entrada da máquina	Temperatura da peça	1	A

Tabela 21 – Cenário Transportador (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/N	Dispositivo mecânico para contagem de peças no transportador próximo à máquina 6	Número de peças (produção da máquina 6), ritmo	1	D
1/N	Dispositivo mecânico para contagem de peças no transportador próximo à máquina 8	Número de peças (produção da máquina 8), ritmo	1	D
1/E	Contato seco no motor do transportador	Status	1	D

Tabela 22 – Cenário Conjunto 3 (Caso 2)

Cenário	Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
1/N	Sensor na esteira de saída do conjunto	Número de peças, ritmo	1	D
1/N	Teclado alfanumérico no final da linha	OF, nº lote, corrida	-	S
3/N	Código de barras	OF, nº lote, corrida	-	S

A nomenclatura presente na coluna cenário indica em que cenário aquele dispositivo e/ou funcionalidade está presente e se ele já existe (E) ou não (N). A coluna “Tipo” indica a natureza do sinal: digital (D), analógico (A) ou serial (S). Com relação à análise de infra-estrutura descrita anteriormente, algumas máquinas foram aqui reunidas formando conjuntos. Isto foi possível porque elas executavam a mesma função e o monitoramento individual não era interessante, nem tampouco necessário.

12. APÊNDICE III – CASO 3

Tabela 23 –Infra-Estrutura da Linha 1 (Caso 3)

Máquina	Tipo de Controle	Informações necessárias	Sinal relacionado
Máquina de teste	-	Peça temperada	Sensor do pistão ou da porta de refugio
Transportador	CLP	Parada da máquina 1 (falta de peça), N° de peças	Sensores 1 e 2
Máquina 1	Lógica relé	Início de ciclo	Sensor do posicionador Sensor de potência
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem	Relé do dressador
		Parada de emergência	Botão de emergência
Máquina 2	CLP	Início e fim de ciclo	Pistão que alimenta a peça Sensor de presença
		Início e fim de dressagem	Sensor do dressador
		Parada de emergência	Botão de emergência
Transportador	-	Parada da máquina 2 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 3	CLP	Início de ciclo	Pistão posicionador
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem

Apêndice III

Máquina 3	CLP	Início da dressagem do rebolo de arraste	Botão de dressagem do rebolo de arraste OU sensor do dressador
		Fim da dressagem do rebolo de arraste e início de ciclo	Botão de início de ciclo
		Parada de emergência	Botão de emergência
		Parada por falta de peça	Ventosa alimentadora de peça
Transportador		Parada da máquina 3 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 4	CLP	Início de ciclo	Fechamento da pinça que prende a peça
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem
		Nº de peças	Sensor de emissão acústica
		Nº de peças refugadas	Pistão separador
Transportador	-	Parada da máquina 4 por excesso de peça na linha	Sensor de presença
Máquina 5	CLP	Início de ciclo	Pistão posicionador
		Fim de ciclo	Pistão que expulsa a peça
		Início e fim de dressagem do rebolo de corte	Contato seco do contador de peças para dressagem
		Início da dressagem do rebolo de arraste	Botão de dressagem do rebolo de arraste
		Fim da dressagem do rebolo de arraste	Botão de início de ciclo
		Parada de emergência	Botão de emergência
		Parada por falta de peça	Ventosa alimentadora de peça

Máquina 6	-	Status	Contato seco Chave seletora manual/ automático
			Contato seco Chave seletora manual/ automático
		Parada	Sensor de presença
		Parada de emergência	Botão de emergência
Placar	-	Número de peças	Contato seco

Tabela 24 – Cenário Máquina 1 (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Sensor da porta de refugio da máquina de teste	Número de peças descartadas por problemas de têmpera	1	D
Sensor que liga o vibron	Parada da máquina 1 por falta de peça, Nº de peças	1	D
Sensor que libera a corrente	Parada da máquina 1 por falta de peça, Nº de peças	1	D
<i>Sensor de potência + comparador de nível</i>	<i>Confirmação de ciclo realizado</i>	<i>1</i>	<i>D</i>
Sensor do posicionador	Início de ciclo	1	D
Pistão que expulsa a peça	Fim de ciclo	1	D
Relé do dressador	Parada por dressagem	1	D
Botão de emergência	Parada de emergência	1	D
<i>Botoeira</i>	<i>Motivos de parada</i>	<i>6</i>	<i>D</i>

Tabela 25 – Cenário Máquina 2 (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Pistão que alimenta a peça	Início e fim de ciclo	1	D
Sensor do dressador	Parada por dressagem	1	D
Botão de emergência	Parada de emergência	1	D
<i>Botoeira</i>	<i>Motivos de parada</i>	<i>6</i>	<i>D</i>
Sensor de presença do transportador posterior	Parada da máquina 2 por excesso de peça na linha	1	D

Tabela 26 – Cenário Máquina 3 (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Pistão posicionador	Início de ciclo	1	D
Pistão que expulsa a peça	Fim de ciclo	1	D
Contador de peças para dressagem do rebolo de corte	Parada por dressagem do rebolo de corte	1	D
Botão de início de dressagem do rebolo de arraste	Parada por dressagem do rebolo de arraste	1	D
Botão de emergência	Parada de emergência	1	D
Ventosa alimentadora de peça	Parada por falta de peça	1	D
<i>Botoeira</i>	<i>Motivos de parada</i>	6	D
Sensor de presença do transportador posterior	Parada da máquina 3 por excesso de peça na linha	1	D

Tabela 27 – Cenário Máquina 4 (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Fechamento da pinça que prende a peça	Início de ciclo	1	D
Pistão que expulsa a peça	Fim de ciclo	1	D
Contador de peças para dressagem	Parada por dressagem	1	D
Sensor de emissão acústica	Confirmação do ciclo realizado	1	D
Pistão separador	Nº de peças refugadas	1	D
<i>Botoeira</i>	<i>Motivos de parada</i>	6	D
Sensor de presença do transportador posterior	Parada da máquina 4 por excesso de peça na linha	1	D

Tabela 28 – Cenário Máquina 5 (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Pistão posicionador	Início de ciclo	1	D
Pistão que expulsa a peça	Fim de ciclo	1	D
Contador de peças para dressagem do rebolo de corte	Parada por dressagem do rebolo de corte	1	D
Botão de início de dressagem do rebolo de arraste	Parada por dressagem do rebolo de arraste	1	D
Botão de emergência	Parada de emergência	1	D
Ventosa alimentadora de peça	Parada por falta de peça	1	D
<i>Botoeira</i>	<i>Motivos de parada</i>	6	D

Tabela 29 – Cenário Máquina 6 e Placar (Caso 3)

Ponto	Informação	Nº sinais	Tipo
Pistão posicionador da máquina	Status	1	D
Chave seletora manual/automático	Status	1	D
Sensor de presença	Parada por falta de peça	1	D
Botão de emergência	Parada de emergência	1	D
Sinal do placar	Produção da linha	1	D
Botão para zerar o placar	Produção da linha	1	D