

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

ÉLCIO BRITO DA SILVA

**ESTENDENDO OS LIMITES DA GOVERNANÇA DE TECNOLOGIA
DA INFORMAÇÃO ATÉ O CHÃO DE FÁBRICA**

São Bernardo do Campo

2009

ÉLCIO BRITO DA SILVA

**ESTENDENDO OS LIMITES DA GOVERNANÇA DE TECNOLOGIA
DA INFORMAÇÃO ATÉ O CHÃO DE FÁBRICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Centro Universitário da FEI para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Mecânica,
orientado pelo Prof. Dr. Fabrizio Leonardi.

São Bernardo do Campo
2009

Silva, Élcio Brito da

Estendendo os limites da governança de tecnologia da informação até o chão de fábrica / Élcio Brito da Silva. – São Bernardo do Campo, 2009.

97 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário da FEI.

Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Leonardi

1. Automação Industrial. 2. Enterprise Resource Planning. 3. Governança em TI. 4. Manufacturing Execution System. I. Leonardi, Fabrizio, orient. II. Título.

CDU 658.5

ÉLCIO BRITO DA SILVA

**ESTENDENDO OS LIMITES DA GOVERNANÇA DE TECNOLOGIA
DA INFORMAÇÃO ATÉ O CHÃO DE FÁBRICA**

Dissertação de Mestrado – Centro Universitário da FEI

Comissão Julgadora

Prof. Dr. Fabrizio Leonardi – Centro Universitário da FEI

Profa. Dra. Patrícia Prado Belfiore - Centro Universitário da FEI

Prof. Dr. Sergio Luiz Pereira – Universidade de São Paulo

São Bernardo do Campo, 2 de fevereiro de 2009.

*Dedico este trabalho a minha
esposa, filhos, pais e irmãos,
esteios e razão do meu viver.*

Agradecimentos

Aos Professores da FEI que transferiram conhecimento essencial para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Fabrizio Leonardi que orientou este trabalho sempre com interesse e disponibilidade.

À minha equipe e pares na SPI que contribuíram para que pudesse me dedicar a esta empreitada.

Aos profissionais que colaboraram com a realização desta pesquisa.

RESUMO

Neste trabalho, o autor propõe um mecanismo para estender os limites da Governança da Tecnologia de Informação (TI) em empresas industriais para ampliar a visão do nível mais alto da estrutura administrativa destas empresas até o chão de fábrica. Este mecanismo contribui com o processo de planejamento de investimentos em sistemas, endereçando a camada de Manufacturing Enterprise System (MES). Para mensurar a importância da camada MES e suportar a proposta, realizou-se uma pesquisa de campo com os gestores de TI ou de Automação Industrial indicados pela alta administração de 50 empresas sediadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, selecionadas no Guia Exame 500 Maiores & Melhores de 2005, segundo critérios estabelecidos. Os resultados mostram que os gestores respondentes do questionário confirmam a hipótese que o MES é uma tecnologia prioritária nas agendas dos executivos de várias das principais empresas brasileiras. O modelo proposto pelo autor envolve o levantamento dos objetivos de desempenho da empresa, indicadores associados e a correspondência destes com funcionalidades da camada MES por meio de procedimento de alinhamento, permitindo uma visão clara para empresa sob quais aplicações são merecedoras de recursos e retornos associados. Para ilustração do mecanismo proposto, realizou-se um estudo de caso com uma empresa líder do setor alimentício, envolvendo os gestores de Produção, Planejamento, Qualidade, Engenharia, Manutenção e TI, por meio de um workshop. A aplicação realizada ilustra a potencialidade do mecanismo proposto como uma ferramenta viável para se estender a Governança de TI até o chão-de-fábrica.

Palavras-chave: Governança em TI. Produção. Sistemas de Gestão Corporativo.

Manufacturing Execution System. Automação Industrial.

ABSTRACT

In this dissertation, the author proposes a mechanism for understanding the limits faced by Information Technology (IT) Governance in industrial firms to broaden their view in a way that it be able to encompass from the highest level of administration to the plant floor. This mechanism contributes to the process of planning investments in systems, addressing the Manufacturing Enterprise System (MES) layer. To measure the importance of the MES layer and support the proposal, field surveys have been carried out with IT or Industrial Automation managers who stand out for their high administrative performance of 50 firms located in the South and Southern regions of Brazil, as they were selected by the Exame Magazine Guide of 2005, according to preestablished criteria. The results show that those managers who answered the survey confirm the hypothesis that MES is priority technology on the agenda of executives of several major Brazilian firms. The model proposed here involves listing the companies' development goals and other associated indicators and their correspondence with the functionality of the MES layer by means of the alignment procedure, which allows the company a clear vision of which applications deserve the associated resources and returns. A case study of a company which is leader in the food sector has been done to illustrate the proposed mechanism. It involved Production, Planning, Quality, Engineering, Maintenance, and IT managers in a workshop. The application carried out illustrates the potentiality of the proposed mechanism as a viable tool for us to stretch IT Governance till the plant floor.

Keywords: IT Governance. Production. Enterprise Resource Planning. Manufacturing Execution System. Industrial Automation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Visão geral das principais tecnologias de rede da produção.....	45
Tabela 2 -	Frequência Marginal das Empresas por Segmento.....	54
Tabela 3 -	Frequência Marginal das Empresas por Faturamento.....	54
Tabela 4 -	Frequência Marginal das Empresas por Processo.....	55
Tabela 5A -	Conjunto das variáveis qualitativas e categorias envolvidas na análise de correlação.....	59
Tabela 5B -	Conjunto das variáveis qualitativas e categorias envolvidas na análise de correlação.....	59
Tabela 6-	Distribuição das empresas em função da variável importância.....	60
Tabela 7 -	Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de Automação Industrial.....	61
Tabela 8 -	Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de Automação Industrial.....	62
Tabela 9 -	Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de ERP.....	63
Tabela 10 -	Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de ERP.....	63
Tabela 11 -	Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade AI.....	64
Tabela 12 -	Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade AI.....	64
Tabela 13 -	Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade ERP.....	65
Tabela 14 -	Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade ERP.....	65
Tabela 15 -	Matriz análise de Indicadores Atual.....	79
Tabela 16 -	Matriz análise de Indicadores Futura.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Governança Corporativa.....	24
Figura 2 -	Cadeia de Valor.....	26
Figura 3 -	Competências da Produção.....	27
Figura 4 -	Matriz Desempenho x Importância.....	29
Figura 5 -	ISA Hierarquia Funcional.....	31
Figura 6 -	MES Modelo Funcional.....	33
Figura 7 -	c-MES Modelo Funcional.....	36
Figura 8 -	Modelo Funcional ISA Gestão e Controle.....	37
Figura 9 -	ARC Hierarquia de Sistemas.....	41
Figura 10 -	Níveis de Controle Industrial – Pirâmide de Automação.....	43
Figura 11 -	Correspondência Pirâmide de Automação e Protocolos de Rede.....	44
Figura 12 -	Método para construção de métricas operacionais e definição de objetivos de negócio.....	50
Figura 13 -	Intenção dos respondentes no Investimento em MES.....	56
Figura 14 -	Importância relativa do MES em relação às demais tecnologias em termos de investimentos.....	57
Figura 15 -	Principais Motivadores para a Implantação do MES nas empresas industriais na visão dos respondentes.....	58
Figura 16 -	Construção do Modelo de Alinhamento para o MES.....	67
Figura 17 -	Etapas do Modelo de Alinhamento.....	68
Figura 18 -	Passos da Primeira Etapa do Modelo.....	69

Figura 19 -	Passos da Segunda Etapa do Modelo.....	71
Figura 20 -	Correlação Indicadores Objetivos de Desempenho.....	72
Figura 21 -	Passos da Terceira Etapa do Modelo.....	73
Figura 22 -	Matriz Desempenho X Importância no status atual da empresa.....	76
Figura 23 -	Matriz Desempenho X Importância no status ajustado para projetos em curso na empresa.....	76
Figura 24 -	Taxonomia e Classificação.....	78
Figura 25 -	Estrutura Hierárquica de Indicadores.....	80
Figura 26 -	Algoritmo de Calculo Eficiência Geral.....	81
Figura 27 -	Algoritmo de Retorno sobre Ativos.....	81
Figura 28 -	Modelo MES de Referência Adotado.....	84

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Metodologia de Pesquisa.....	18
1.3 Estrutura do Texto.....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Governança Corporativa, Teoria da Agência e Governança de TI.....	20
2.2 Cadeia de Valor e Produção.....	25
2.3 Estratégia de Produção, Objetivos de Desempenho e Matriz Importância Desempenho.....	27
2.4 Modelos Funcionais e Arquitetura de Automação.....	30
2.5 Modelos de Alinhamentos, Indicadores Operacionais e Financeiros.....	47
3. METODOLOGIA PROPOSTA.....	53
3.1 Metodologia da Pesquisa de Campo.....	53
3.2 Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo.....	55
3.3 Proposta de modelo de Alinhamento do MES.....	66
4. ESTUDO DE CASO.....	74
4.1 Metodologia para o Estudo de Caso.....	74
4.2 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso.....	75
4.3 Mapear os Indicadores associados com os Fatores Críticos de Sucesso.....	77
4.4 Definir as funcionalidades MES correspondente.....	82
4.5 Resultado da Aplicação do Modelo Proposto.....	84
5. CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS.....	87
APÊNDICES.....	91

1. INTRODUÇÃO

A busca por transparência na execução de atividades, especialmente aquelas que afetam a geração de relatórios financeiros, se destaca atualmente como uma das principais preocupações das organizações, visto os requisitos de instituições reguladoras dos mercados de capitais. A adoção de mecanismos de Governança confere à empresa confiabilidade sob o ponto de vista do mercado, na sua gestão que, por sua vez, tende a ser traduzida em termos de prêmio no valor das ações.

Segundo Andrade e Rossetti (2006, p. 26) é extremamente complexo se obter uma definição única sobre o significado da Governança Corporativa, que se situa normalmente na visão do autor entre:

Guardião de direitos das partes com interesses em jogo; Sistema de relações pelos quais as sociedades são dirigidas e monitoradas; Estrutura de poder que se observa no interior das corporações; e Sistema normativo que rege as relações internas e externas das empresas (Andrade e Rossetti, 2006, p. 148).

O texto atual se baseia na forma de ver da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), considerando o conceito da Governança Corporativa por ela expresso, *apud* Andrade e Rossetti (2006), “como um conjunto de processos para controle dos riscos dos investimentos nas empresas”.

Ainda para os mesmos autores, o fio que conduz e explica a importância da Governança Corporativa está na história da evolução das corporações nos últimos anos. Essa evolução foi pautada por fatores como agigantamento das corporações, dispersão do controle, ascensão dos gestores não proprietários, desalinhamento de interesses entre os proprietários e gestores, e conflitos entre acionistas majoritários e minoritários.

Um componente decisivo que veio acentuar o significado do tema foram as irregularidades ocorridas em 2002 quando grandes corporações norte-americanas (Enron, Worldcom e Tyco), envolvidas em fraudes fiscais, expuseram a fragilidade dos sistemas de verificação e controle da sociedade sobre as companhias. A partir daí, os agentes do mercado aceitavam pagar valores mais altos por ações de companhias que possuíssem um sistema de

Governança Corporativa. A adoção da Governança passou a ser, então, não um requinte, mas condição *sine qua non* para as organizações.

Partindo da aceitação da Governança como mandatória, é possível estender o seu conceito para as diversas funções de uma organização. Para Slack (2002) as três principais funções da corporação são: a Produção, o Marketing e o Desenvolvimento de Produtos.

A Produção, desta forma, se encaixa como uma função chave da organização e sobre a qual a adoção da Governança se traduz no estabelecimento de mecanismos para assegurar que o ciclo de PDCA (em inglês Plan, Do, Check e Action), ligados aos investimentos em seus ativos, dentre eles a informação, esteja alinhado com os interesses dos stakeholders (clientes, colaboradores, investidores, fornecedores, comunidade, entre outros). Estabelecer a Governança da informação se configura como um desafio, tendo em vista que a arquitetura de aplicações na Produção ainda está sendo constituída. Usualmente as empresas possuem controladores programáveis, comandos numéricos, robôs e sistemas supervisores no chão-de-fábrica e, suportando os processos de gestão, os sistemas chamados Enterprise Resource Planning (ERP). Integrando estes dois domínios da informação normalmente as empresas usam planilhas eletrônicas e registros manuais.

A proposta da Manufacturing Enterprise Solution Association (MESA)¹ é integrar os sistemas de automação aos sistemas de gestão, completando a arquitetura de sistemas com uma camada de aplicações sintetizada num modelo conhecido como Manufacturing Execution System (MES). Esta camada, para a MESA, é formada por um conjunto de funcionalidades, como por exemplo, planejamento fino da produção, rastreabilidade de processo, gerenciamento de manutenção, coleta de dados automatizada, e outras. Na literatura específica, Chase, Aquilano e Jacob (2006) definem essa camada de sistemas como a integração das informações da Manufatura através de um conjunto de aplicações, softwares e hardwares, com foco no processo produtivo.

A extensão da Governança de Tecnologia da Informação, TI, até o chão-de-fábrica, portanto, começa com o estabelecimento de processos para suportar planejamento dos

¹ www.mesa.org

investimentos em sistemas nas três camadas de domínio da informação: sistemas de gestão, execução e chão-de-fábrica.

Segundo Weill e Ross (2005) existem três questões chaves com relação à Governança de TI: Quais decisões devem ser tomadas para garantir a gestão e o uso eficazes de TI? Quem deve tomar essas decisões? Como essas decisões serão tomadas e monitoradas?

Dentre os processos necessários para o endereçamento das questões acima, o de alinhamento é um passo chave para obtenção de retornos consideráveis dos investimentos em TI, apontado por vários autores, como por exemplo, Henderson e Venkatraman, apud Laurindo (2005), sendo para eles sensível a todos os domínios de TI. O alinhamento em TI, para Carvalho, M. et al (2001), é obtido através de modelos classificados em quatro grandes grupos: modelos para diagnóstico, modelos prescritivos, modelos com foco na ação e modelos integrativos. Dentre estes quatro conjuntos, os modelos com foco na ação possuem o objetivo de definir as aplicações de TI necessários para a organização.

Este trabalho apresenta um modelo de alinhamento com foco na ação para suportar as decisões com relação aos investimentos ligados a camada MES na fase de planejamento do PDCA da gestão dos ativos de informação. O modelo tem como produto a definição das funcionalidades da camada MES necessárias para organização com base na Estratégia da Manufatura. A proposta transfere aos investidores a segurança de que seus objetivos estão sendo traduzidos em investimentos adequados, que serão posteriormente acompanhados, sempre relacionados com os requisitos aos quais os investimentos buscavam atender. A malha fechada de controle criada com este modelo torna possível que as ações e seus reflexos sejam auditados e confrontados frente ao interesse dos acionistas, característica fundamental para o estabelecimento de uma Governança adequada dos ativos de TI.

O tema alinhamento de TI é extensivamente discutido no meio acadêmico, entretanto a camada MES é uma proposta ainda recente na arquitetura de aplicações de várias empresas. O desenvolvimento de um modelo de alinhamento com foco na ação para esta camada adiciona um novo componente ao portfólio de ferramentas dos profissionais de TI e Engenharia para que estes possam estender a Governança de TI até o chão-de-fábrica.

A formatação de um modelo de alinhamento de TI para a Manufatura requer um cuidado redobrado, tendo em vista os desvios que ocorrem na utilização de TI no ambiente das empresas industriais. Esses desvios são a base para contundentes questionamentos feitos à utilização de TI na fábrica, segundo as idéias expostas por Skinner (1969), afirmadas posteriormente por Harmon (1993, p. 16), trecho abaixo, com o qual corrobora Ohno (1997).

É possível que os Sistemas Computadorizados do século XXI finalmente cumpram a sua promessa de aumentar a produtividade das pessoas e melhorar os resultados operacionais. Nenhum desses benefícios tem caracterizado a contínua expansão do uso do computador na indústria e em outros setores. [...] não existe qualquer evidência de que sistemas de fabricação integrados por computador tenham desempenhado algum papel relevante no sucesso das companhias japonesas. Conforme observa Sakurai somente 4% destas companhias possuem tais sistemas. Nossos melhores especialistas em informática compreendem que as empresas precisam primeiro simplificar e melhorar as operações para então começarem o processo de integração por sistemas computadorizados (HARMON,1993, p.16).

Dentro deste contexto é fundamental para a construção de um modelo, que este seja feito em uma compreensão ampla dos elementos necessários para a definição dos requisitos funcionais a serem atendidos na camada MES. O ponto chave para sua elaboração é a clara aplicação das técnicas de pesquisas e no encadeamento lógico e evolutivo para formar uma visão holística dos problemas, a saber:

- Qual a visão dos profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação sobre importância da camada MES para as empresas industriais?

- Dentre os objetivos de desempenho da produção, qual o motivo apresentado pelos profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação para a escolha do MES como investimento preferencial na Governança de TI dos ativos de informação da produção, diante de outras tecnologias como Enterprise Resources Plan (ERP), Enterprise Manufacturing Intelligence (EMI), Product Lifecycle Management (PLM), Advanced Planning Schedule (APS), Laboratorial Information Management System (LIMS), Plant Information Management System (PIMS), e Automação Industrial (AI)?

- Existe correlação entre uma estrutura de TI abrangente com sistemas chamados ERP e/ou uma infra-estrutura desenvolvida de Automação Industrial, para que o MES seja entendido como consequência natural em termos investimento em TI na manufatura?
- A partir dos conhecimentos teóricos e práticos do autor sobre o tema, aliado aos resultados obtidos em uma pesquisa focada na camada MES pode-se identificar a viabilidade de um modelo de alinhamento para estender a Governança de TI da manufatura?

1.1. Objetivos

Objetivo geral desse trabalho é propor uma forma de ampliar a visão da Governança de Tecnologia da Informação do nível mais alto da estrutura administrativa das empresas industriais até o chão de fábrica.

São objetivos específicos:

- Verificar o significado do MES para os profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação na Governança de TI relacionados aos objetivos de desempenho da produção de outras tecnologias, em termos de investimento preferencial na gestão de ativos da Tecnologia de Produção em empresas industriais.
- Descrever os motivos para o uso do MES indicados pelos profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação na Governança de TI, diante de outras tecnologias na gestão de ativos da Tecnologia de Produção em empresas industriais.
- Verificar a consistência da correlação, na estrutura das empresas industriais, do MES no nível intermediário com o sistema ERP, no nível da alta administração, e a Automação Industrial, no nível operacional, de acordo com o modo de ver dos profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação.
- Propor um modelo de alinhamento para a camada MES, aplicado na fase de planejamento do total de dispêndios aplicados nos ativos de informação da produção.

- Analisar o modelo proposto de alinhamento do MES em uma empresa industrial na fase de planejamento do total de dispêndios aplicados nos ativos de informação da produção.

1.2. Metodologia de Pesquisa

A pesquisa científica tem no método, o caminho que a conduz na busca da verdade ou, mais especificamente, ao alcance de um resultado. Para isso, faz uso de processos capazes de levá-la à investigação de problemas, sejam eles teóricos ou práticos.

Descrever minuciosamente os passos percorridos, inclusive os meios que permitam chegar aos resultados, podem significar a garantia da obtenção de êxito no desenvolvimento da pesquisa no estudo de um fenômeno. Porém, é preciso aliar ao método as capacidades de criadoras e de raciocínio reflexivo do pesquisador (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007).

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de campo e descritiva. É abordada no método quantitativo. Enquanto um estudo de campo, para Appolinário (2004) a pesquisa do fenômeno é direcionada ao ambiente em que acontece e Gil (2002) acrescenta o seu valor pela peculiaridade que lhe é inerente de focalizar uma comunidade de trabalho, dentre outras possibilidades. Ainda, este autor salienta que na pesquisa de campo, o pesquisador realiza parte do trabalho no local do estudo, tendo uma experiência direta com a situação investigada. A abordagem quantitativa do tema justifica-se, pois Soares (2000) a define como aquela que mensura o objeto de estudo com recursos selecionados e apresenta os resultados em números, salientados em sua complexidade por técnicas estatísticas.

1.3. Estrutura do Texto

Este trabalho consta de 5 capítulos. No capítulo 2 são explorados os elementos ligados ao desenho do modelo de alinhamento para a camada MES. Para isso a revisão foi realizada dentro de quatro áreas de conhecimento: Administração, Informática, Engenharia de Produção e Automação Industrial. Nesse capítulo são explorados questões relativas à Governança, Estratégia de Produção, Arquitetura de Sistemas e Modelos de Alinhamento.

No capítulo 3 apresenta-se a pesquisa de campo que mensura a importância atual do MES para os gestores das empresas analisadas, discute os resultados e propõem o modelo de alinhamento para a etapa de planejamento de investimentos na camada MES.

No capítulo 4 ilustra-se a aplicação do mecanismo proposto em uma indústria alimentícia. Finalmente no capítulo 5, apresenta-se as conclusões do trabalho, sintetizando os resultados alcançados, além de propor uma continuidade ao trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Governança Corporativa, Teoria da Agência e Governança de TI

A Governança Corporativa surge da necessidade de se encontrar, primordialmente, uma nova forma de estruturar as relações entre o mercado financeiro e as empresas, diante de escândalos corporativos ocorridos em 2002 (GRÜN, 2003; LOPES, 2006). A boa Governança Corporativa é considerada por Grün (2003) como um instrumento que deflagra um círculo virtuoso em que haja transparência nos procedimentos contábeis e administrativos de empresas de capital aberto e respeitados os direitos de acionistas minoritários, capaz de ser a base para sustentar essa empresa de maneira institucional.

Um sistema de Governança Corporativa tem um conjunto diferente de atores e ações que participam da sua construção. Do ponto de vista histórico para Lethbridge (1997), dois modelos clássicos podem ser identificados desde que se iniciou a discussão sobre o monitoramento das relações entre acionistas e administradores: o anglo-saxão e o nipo-germânico. O primeiro tem predomínio nos Estados Unidos e no Reino Unido e o segundo na Alemanha e no Japão. A evolução por eles sofrida em seus países de origem faz com que a classificação possa ser usada, nos dias de hoje, como uma referência analítica. Dentre os aspectos que os distinguem no controle corporativo, o mesmo autor salienta que no modelo anglo-saxão o principal objetivo das empresas é o de criar valor para os acionistas (shareholder) e no nipo-germânico cabe às empresas cuidar do equilíbrio do interesse dos acionistas com os de outros grupos como fornecedores, empregados, clientes e comunidade (stakeholder).

Lopes (2006, p. 2) cita seis principais ativos e os seus respectivos elementos essenciais, quem devem ser endereçados pela Governança Corporativa:

- **Ativos humanos:** pessoas, habilidades, planos de carreira, treinamento, relatório, mentoring, competências etc.
- **Ativos financeiros:** dinheiro, investimentos, passivo, fluxo de caixa, contas a receber etc.
- **Ativos físicos:** prédios, fábricas, equipamentos, manutenção, segurança, utilização etc.

- **Ativos de PI:** Propriedade Intelectual (PI), incluindo o know-how de produtos, serviços e processos devidamente patenteados, registrados ou embutidos nas pessoas e nos sistemas da empresa.
- **Ativos de informação e TI:** dados digitalizados, informações e conhecimentos sobre clientes, desempenho de processos, finanças, sistemas de informação e assim por diante.
- **Ativos de relacionamento:** relacionamentos dentro da empresa, bem como relacionamentos, marca e reputação junto a clientes, fornecedores, unidades de negócio, órgãos reguladores, concorrentes, vendas autorizadas etc. (LOPES, 2006, p. 2).

Dentre todos os citados, os “Ativos de Informação e TI” destacam-se pela sua significância, pelas informações que oferece para sustentar a empresa no controle e monitoramento dos ativos, uma tarefa difícil de realizar sem seu auxílio. Esta ajuda se caracteriza por disponibilizar “todos os controles, processos, procedimentos e métricas” que partem de TI (LOPES, 2006, p. 2).

As empresas que adotam processos de Governança Corporativa procuram apresentar transparências nas informações sobre os seus resultados financeiros que possuem origem nos eventos que geram fatos contábeis a partir de transações realizadas pela empresa e, internamente, a partir de suas operações, dentre elas a manufatura. Desta forma existe um conjunto de eventos de captura de valor nas empresas decorrentes de transações comerciais e um conjunto de eventos de criação de valor derivados das operações internas, ambos com impacto direto nos resultados financeiros da organização.

A transparência nas informações financeiras tem por objetivo mitigação dos riscos das empresas de capital aberto, para os investidores, demonstrando que os gestores estão empregando toda capacidade disponível de forma alinhada com os interesses dos investidores para a captura e criação de valor. Essa busca pelo comportamento dos gestores alinhados com os interesses dos investidores tem sua origem na Teoria da Agência, proposta inicialmente por Jensen e Meckling (1976) que reconheceu que as organizações possuíam uma capacidade limitada de crescimento, proporcional a capacidade monetária do empreendedor/gestor. Para esses autores a empresa para crescer além deste limite devia buscar suporte em capital externo. Com o aumento de capital disponível para investimento a empresa alcança um crescimento superior. Neste processo, o empreendedor/gestor passa a dividir os ganhos monetários advindos da evolução da empresa com o investidor. Entretanto, Jensen e Meckling

(1976) chamam atenção que os ganhos para o empreendedor/gestor são de dois tipos: pecuniários e não pecuniários, ou seja, o empreendedor/gestor pode usufruir ganhos não pecuniários que não precisa dividir com os investidores. O efeito contrário deste processo, portanto, reside no fato que o empreendedor/gestor na visão da Teoria da Agência possui uma racionalidade ilimitada, sendo capaz de planejar o seu empenho na empresa em função do maior retorno resultante do conjunto benefícios, pecuniários e não pecuniários, que eventualmente contrapõem com o objetivo do investidor.

Neste cenário, o investidor busca incentivar o empreendedor/gestor a comportamentos compatíveis com os interesses dos acionistas, cria mecanismos para monitorar suas ações e assume uma perda residual do processo. As perdas assumidas são decorrentes do fato da vantagem inerente da assimetria de conhecimento do negócio entre o investidor e o empreendedor/gestor e da incapacidade de se criar um mecanismo que possa assegurar que o empreendedor/gestor está fazendo uso de toda sua energia no sentido dos interesses dos investidores.

Dentro deste contexto, as empresas que adotam processos com o intuito de tornar transparentes para os investidores como as ações do empreendedor/gestor estão sendo tomadas, com relação aos ativos da empresa, passam a pró-ativamente sinalizar para o mercado que os empreendedores/gestores adotam comportamentos compatíveis com os esperados pelos investidores. O conjunto destes processos refere-se ao sistema de Governança da Empresa. Com esta transparência os investidores reconhecem na empresa em questão, uma oportunidade de obter ganhos superiores, tendo em vista o custo mais baixo de monitoração e perdas residuais, bem como, uma aplicação de menor risco, visualizando a pouca possibilidade de surpresas, decorrente da clareza com que as ações dos gestores são apresentadas.

Normalmente nas organizações a Governança é reduzida à perspectiva financeira, mais comumente conhecida e entendida pelas corporações. Entretanto, Andrade e Rossetti (2006) observam que não existe uma definição única para o significado de Governança, o que é decorrente, para Andrade e Rossetti (2006), de três fatores: a) por ser recente - os primeiros trabalhos mais significativos sobre o conceito foram o de Cadbury Report (1992) e os Principles of Corporate Governance da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (1999); b) pela sua abrangência - a Governança é descrita sobre várias

perspectivas: a institucional, a que enfatiza a relações entre acionistas e agentes, a que foca decisões estratégicas com propósitos empresariais, até as que regem questões de gestão funcionais de ativos, como por exemplo, capital e informação; c) pela sua diversidade – a grande oferta de modelos decorrente da amplitude de combinação de relações e perspectivas.

Também, de acordo com Andrade e Rossetti (2006), independente da relação a ser governada, existe um conjunto de características a serem considerados em um modelo de Governança, os 5 P's:

- Princípio – trata-se de condutas aceitas no mundo corporativo de forma irrestrita, que são: justiça, sigilo, prestação de contas e conformidade (em inglês fairness, disclosure, accountability e compliance);
- Propósito – tem sua raiz na Teoria da Agência que busca a maximização do retorno possível dos investidores, considerando a necessidade da gestão do agente;
- Poder – também tem sua origem na Teoria da Agência que reconhece que existe uma assimetria entre os investidores e os empreendedores/gestores, que permite que o empreendedor/gestor adote práticas oportunistas;
- Processos – diz respeito à legitimação de estruturas com objetivo de implantar processos que conduzam à ação do agente dentro do interesse dos investidores;
- Práticas – refere-se aos padrões a serem considerados diante de um conflito.

Essas características são objetivadas nos mecanismos de Governança de TI. Na visão de Weill e Ross (2005), a Governança Corporativa é formada através das interações entre os investidores, stakeholders, diretoria e executivos, sobre a influência de objetivos de monitoramento e sigilo (Figura 1). A Governança com base nestas interações se concretiza em termos de Estratégia Corporativa e de Políticas que conduzem ao comportamento desejável na organização. A execução da Estratégia Corporativa e a adoção de Políticas, por sua vez, dentro desse modelo, são monitoradas através de mecanismos ligados aos principais ativos da organização, dentre eles a TI.

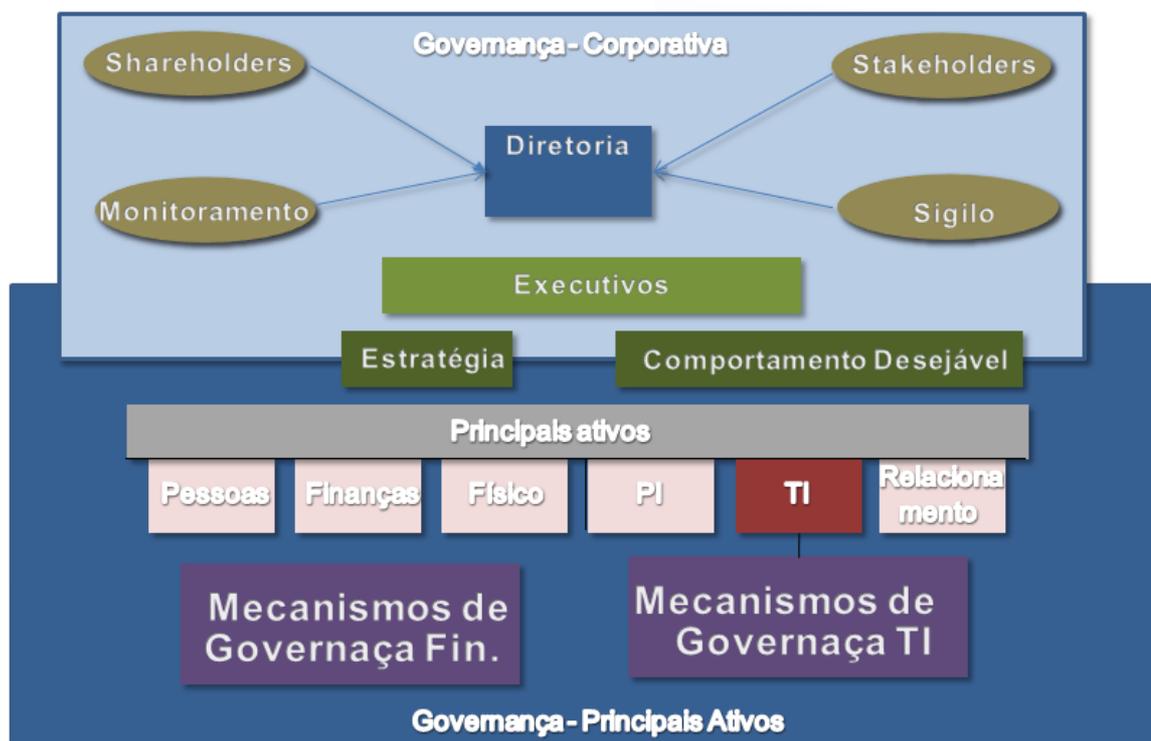


Figura 1 – Governança Corporativa.

Fonte: Weill e Ross, 2004, p. 6

O Control Objectives for Information and related Technology (CobiT), criado em 1994 pela Information System Audit and Control Foundation (ISACF), é um exemplo de mecanismos de Governança de TI. Fernandes e Abreu (2006) definem o CobiT como uma biblioteca de processos, contidos em quatro grandes domínios: Planejamento & Organização, Aquisição & Implementação, Entrega & Suporte e, por último, Monitoração, com objetivo de assegurar que os investimentos nos ativos de TI, formado pelo conjunto: aplicações, informação, infra-estrutura e pessoas, sejam feitos de forma alinhada com os interesses do investidor em: eficácia, eficiência, confidencialidade, integridade, disponibilidade, conformidade e confiabilidade. A visão dada por Fernandes e Abreu (2006) enquadra o CobiT como uma ferramenta de Governança onde estão presentes as 5P's identificados por Andrade e Rossetti (2006).

A aplicabilidade dessa ferramenta, entretanto, demanda que os requisitos funcionais a serem atendidos pelas aplicações, tenham sido previamente definidos com base na estratégia de negócios. No segmento industrial têm-se estes requisitos gerados com base nas necessidades da Produção, uma das principais fontes de origem das informações utilizadas nos relatórios financeiros, ligadas à criação de valor da empresa, bem como, uma das

principais funções da cadeia de valor, consumidora de recursos, com responsabilidades pela construção e conservação da reputação de qualidade da empresa, quando o foco é a definição dos requisitos da camada MES.

2.2. Cadeia de Valor e Produção

Em termos de Produção, Porter e Millar (1985) propõem a cadeia de valor como a forma pela qual a empresa adiciona valor ao produto ou aos serviços que oferta ao mercado. Para estes autores as “atividades de valor” de uma empresa podem ser estabelecidas em nove categorias genéricas, divididas em duas categorias gerais descritas a seguir e ilustradas na Figura 2:

- **Atividades Primárias:** São aquelas envolvidas com a criação física do produto, seu marketing e a entrega para os compradores, e o seu suporte e a assistência no pós-vendas:
 - a) Logística de entrada – Todas as atividades relacionadas em receber e armazenar materiais externos recebidos;
 - b) Operações – Manufatura de produtos e serviços. Modo pelo qual os recursos de entrada (materiais) são convertidos em saídas (produtos);
 - c) Logística de saída – Todas as atividades associadas a entregar bens acabados aos compradores;
 - d) Marketing e Vendas – Essencialmente uma atividade de informação. Informar aos consumidores e compradores sobre os produtos e serviços (benefícios, uso, preço, etc.);
 - e) Serviços – Todas as atividades relacionadas com manter o desempenho do produto após estes terem sido vendidos.

- **Atividades de Suporte:** São aquelas que fornecem os subsídios e a infra-estrutura que permitem que as atividades primárias sejam executadas. Elas são classificadas em:
 - a) Infra-estrutura da Empresa – Ampla gama de sistemas de suporte e funções, tais como finanças, planejamento, controle da qualidade, alta administração;
 - b) Gerenciamento de Recursos Humanos – Atividades relacionadas a recrutar, desenvolver, motivar e recompensar a força de trabalho do negócio;
 - c) Desenvolvimento da Tecnologia – Atividades relativas ao gerenciamento do processamento de informação e ao desenvolvimento e proteção do “conhecimento” do negócio;

d) Abastecimento – Atividades relacionadas ao modo pelo qual recursos são adquiridos, ou seja, seleção e negociação com os fornecedores.

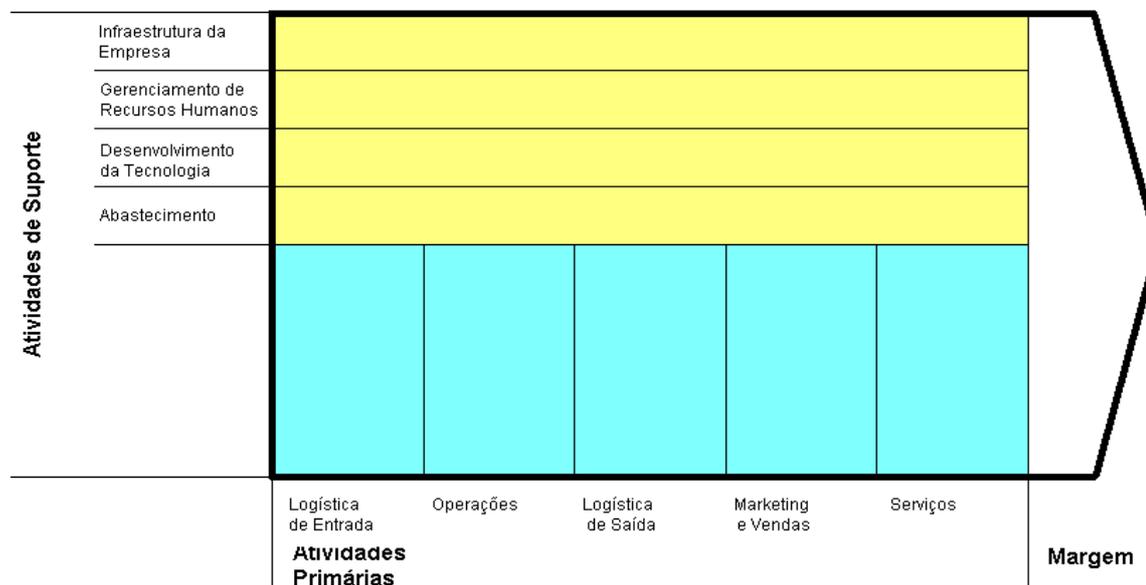


Figura 2 – Cadeia de Valor.

Fonte: Porter e Millar, 1985, p. 4

Slack (2002) detalha a atividade Produção, representando esta como um sistema complexo, formado basicamente por elementos no qual o sistema é responsável por converter recursos de entrada (Input), em saída de produto e serviços (Output). No centro desse sistema, está o planejamento e controle da Produção, responsável pelo planejamento da fabricação, mobilização dos recursos necessários, execução da fabricação e disposição do produto acabado para o faturamento (Figura 3).

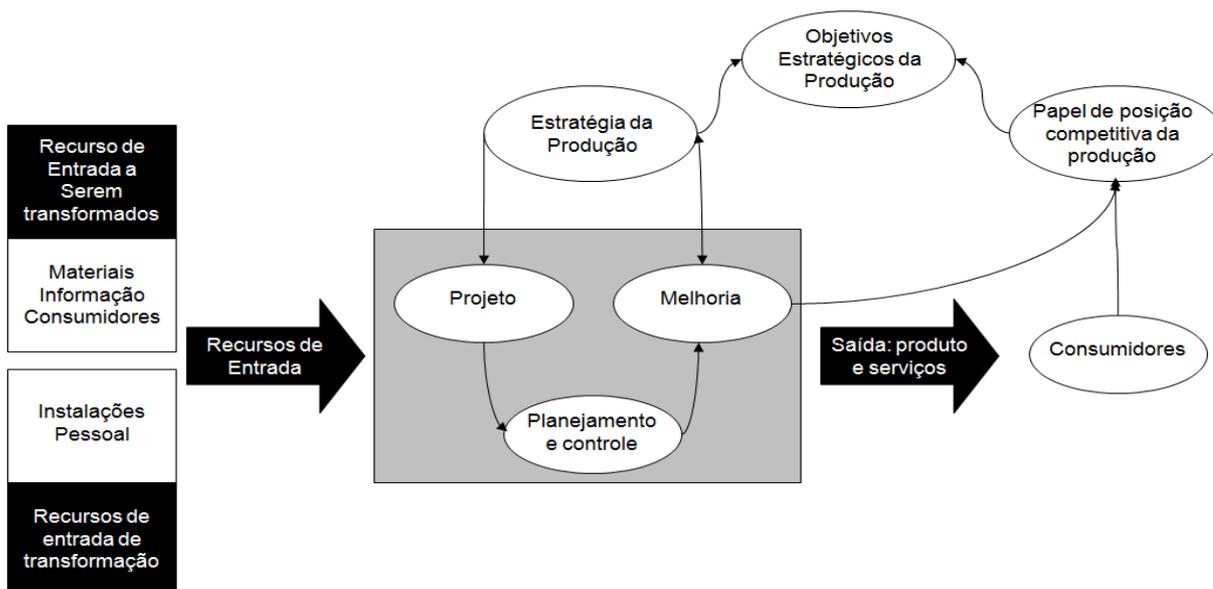


Figura 3 – Competências da Produção.
 Fonte: Slack, 2002, p. 29

2.3. Estratégia de Produção, Objetivos de Desempenho e Matriz Importância Desempenho

Dentro da Organização, cabe à Produção operacionalizar a Estratégia Corporativa através de Estratégia da Produção correspondente. A visão sobre Estratégia de Produção se encontra atualmente posicionada entre três paradigmas: estratégia de Produção com base nas forças competitivas de Porter e Millar (1985), tendo Skinner (1969) como um dos principais autores; estratégia de Produção baseada na proposta de customização em massa, representadas por Pine, Victor e Boynton (1993); e a estratégia de Produção suportada pela visão baseada em recursos, com Teece, Pisano e Shuen (1997) no sustento das idéias desse paradigma.

A estratégia de Produção, com base nas forças competitivas, propõe uma visão hierárquica onde a Estratégia da Produção é elaborada em função da estratégia da corporação, que define a forma de competir no mercado, partindo da análise de como a empresa se posiciona dentro da matriz competitiva de Porter e Millar (1985) nos quadrantes de foco em custo, diferenciação ou nicho. O exemplo clássico desta escola é a indústria Automotiva Americana da década de 1980.

A estratégia de Produção com base na proposta de customização em massa, parte da idéia de que é possível manter uma vantagem competitiva combinando as vantagens da Produção em massa com as vantagens da customização, através de uma customização em massa onde o consumidor é capaz de definir as características do produto que irá receber. Um exemplo desta escola é a DELL.

A estratégia de Produção baseada em recursos, por sua vez, tem como princípio a visão de que a organização deve desenvolver capacidades únicas, difíceis de copiar, permitindo que a empresa mantenha a sua vantagem competitiva por longo prazo. O exemplo desta escola são as empresas de consultoria, dentre elas a IBM.

Dentro da visão de Slack (2002), as empresas são selecionadas pelo mercado em função de suas capacidades de superar os concorrentes no atendimento dos objetivos de desempenho, assim considerados por Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2004):

- Custo - O objetivo de desempenho denominado "custo" em uma organização está relacionado ao desejo de produzir com o menor custo possível. Isto é, produzir bens e serviços a custo que possibilite estabelecer preços apropriados ao mercado e ainda permitir um retorno financeiro para a empresa;
- Qualidade - É a capacidade da Produção em contribuir e assegurar a valorização da imagem da empresa e de seus produtos. Permite a fabricação conforme o especificado e a garantia da repetibilidade de seus processos;
- Flexibilidade - É a capacidade do Sistema de Manufatura adaptar-se rapidamente às mudanças de ambiente. Estas mudanças podem ocorrer seja na demanda, na capacidade, no mix e na janela de entrega;
- Inovação - significa a capacidade de apresentar novos produtos e serviços;
- Velocidade - é o tempo necessário para empresa responder a uma determinada necessidade dos consumidores por um produto ou serviço;
- Confiabilidade - É a capacidade que a empresa tem em atender os compromissos estabelecidos com os clientes em termos de quantidades e prazos.

Estes objetivos são definidos pela perspectiva do cliente e atingidos através da estratégia definida pela Empresa para Produção, influenciada pelas escolas acima. Slack (2002) propõe ainda a utilização da matriz Desempenho \times Importância para capturar a

capacidade corrente da organização de superar os concorrentes no atendimento dos objetivos de desempenho (Figura 4).

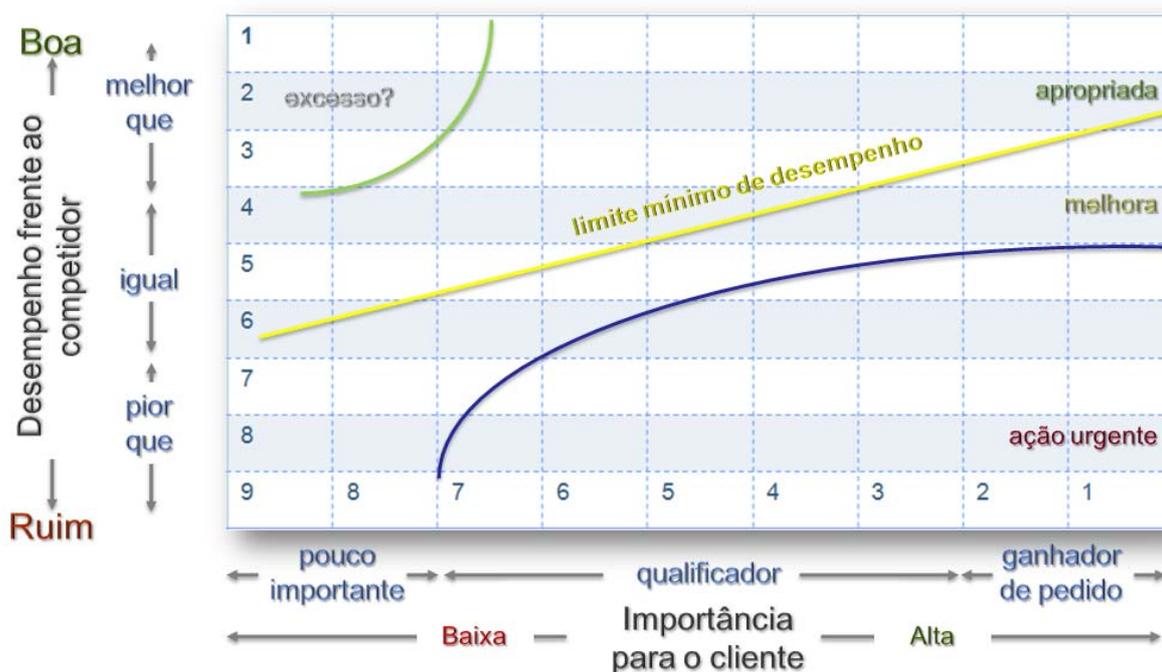


Figura 4 – Matriz Desempenho x Importância
 Fonte: Slack, 2002, p. 559

Nessa figura, os objetivos são distribuídos observando que na abscissa encontra-se a importância do objetivo e na ordenada sua performance em relação a concorrência, ambas na visão da empresa. Através do cruzamento dessas informações se define quatro zonas de atuação: Zona de Excesso, que não demanda nenhum empenho da empresa; Zona Adequada, que requer apenas uma atenção para conservar a posição; Zona de Melhoria, onde uma ação deverá ser tomada para obter uma vantagem competitiva em relação à concorrência; e Zona de Urgência, onde uma ação iminente é requerida, tendo em vista a posição desfavorável da empresa. A captura da situação atual da Produção fornece subsídios para a formação de uma Estratégia da Produção. Este mesmo diagnóstico pode servir de base para um processo de alinhamento que tem como resultado a definição dos requisitos funcionais de informação para produção nas camadas de gestão, execução e chão-de-fábrica. Esta possibilidade é um dos fatos centrais da proposta feita nesta dissertação.

2.4. Modelos Funcionais e Arquitetura de Automação

Sobre a Camada de Sistemas com foco no suporte a Execução da Produção, Slack (2002), sugere que a evolução dos processos de Produção tem mantido relação direta com os sistemas utilizados para seu planejamento e controle. Para o autor existem basicamente três configurações: a primeira, baseada em uso de TI onde os sistemas MRP (Material Requirement Planning), MRP II (Manufacturing Resources Planning II) e ERP (Enterprise Requirement Planning) têm mostrado uma grande capacidade de planejamento da Produção, mas pouco de controle. A segunda, centrada no sistema Kanban, introduzido pela indústria japonesa para priorizar o controle, e a terceira, de forma mista, combinando a utilização do ERP na aquisição de materiais e Kanban no controle do fluxo da Produção no piso industrial. Para Favaretto (2001), os sistemas pertencentes à camada MES complementam os sistemas de Planejamento e Controle de Produção ampliando o conjunto de funcionalidades ligadas à Produção, como rastreabilidade, controle de alocação e utilização de recursos, controle da qualidade do processo e aquisição de dados automatizada do chão de fábrica.

Com as funcionalidades adicionais, a Produção passa a contar com uma base de informações mais rica para o suporte à decisão, eliminando o uso do papel e ampliando o poder das restritivas planilhas eletrônicas no chão-de-fábrica, viabilizando um melhor planejamento, além de um fluxo de informações em tempo real na indústria. Esse conjunto pode ser utilizado para assegurar que a execução da Produção ocorra conforme o planejado, ampliando o controle e suportando o negócio.

Os sistemas MES estão se configurando como um componente de destaque especial para a manufatura pelo caráter inovador e pelo potencial que apresentam para gerar um novo ciclo de produtividade na indústria. Para a International Society of Automation (ISA)², a informação na Produção tem seu domínio distribuído por meio de uma arquitetura de aplicações, que dá suporte à Produção composta por 5 níveis (Figura 5):

² Sociedade, sem fins lucrativos, de suporte a profissionais de automação nas dificuldades relativas à solução e problemas técnicos, aliada ao aperfeiçoamento de capacidades e ampliação da potencialidade do profissional.

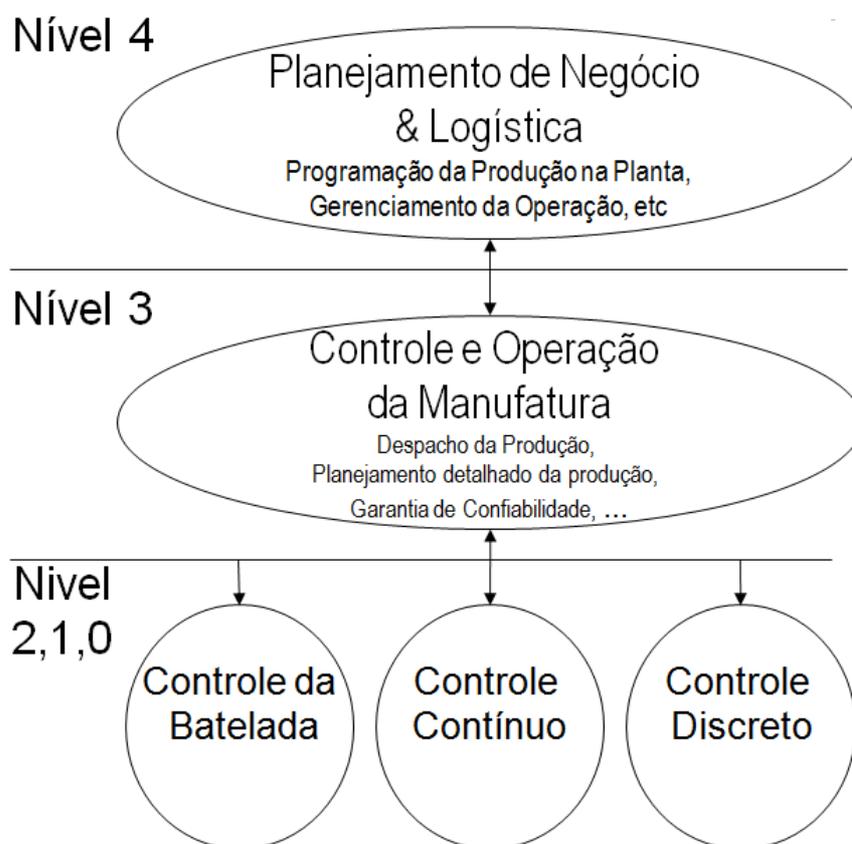


Figura 5 – Hierarquia Funcional.
Fonte: Adaptado de ISA, 2000, p. 19

Neste modelo, a gestão cabe ao nível 4, onde estão os sistemas que executam nas empresas as funções administrativas, contábeis, logísticas, de controladoria e, também, as funções de planejamento e de controle da produção. No nível 3 tem-se a execução da Produção, intermediária entre o chão-de-fábrica e os sistemas de gestão. Nele são executadas as funções de integração com os sistemas de gestão, análises de desempenho, histórico de Produção, gerenciamento de manutenção, sequenciamento fino de Produção, alocação de recursos, gerenciamento da qualidade, controle de documentos, coleta e armazenamento de dados. Finalmente nos níveis 2, 1 e 0 são executadas as funções de supervisão da linha ou processo, operação da linha ou processo e controle. O MES se posiciona nessa arquitetura como uma classe de sistema pertencente à camada denominada por Controle e Operação da Manufatura.

O termo MES foi cunhado pela AMR Research³ (fundada em Boston, USA, 1986) na década de 90. Entretanto sua aceitação não é generalizada, tendo em vista que o termo MES foi inicialmente utilizado para referenciar um modelo funcional, tornando-se sinônimo de uma classe de software que possui sobreposição com outras propostas. Em 1997, a MESA propôs o MES como um modelo composto por 11 funcionalidades para integração entre a gestão e o chão de fábrica (Figura- 6). As funcionalidades pertencentes à camada são:

- Operação/Seqüenciamento de Produção: para programação fina de produção baseada heurísticas;
- Despacho de Unidades de Produção: para controle do avanço das ordens de produção liberadas para o chão-de-fábrica;
- Rastreabilidade e Genealogia de Produto: para identificação de um determinado produto na produção e criação de seu histórico de fabricação;
- Gerenciamento de Mão de Obra: para controle de alocação individual de um recurso e controle de suas capacidades para o processo;
- Gerenciamento da Manutenção: para planejamento e controle de atividades preventivas, preditiva e corretiva, bem como, a gestão dos recursos necessários para as tarefas;
- Aquisição de Coleta de Dados: para armazenamento de informações coletadas do chão-de-fábrica diretamente dos equipamentos ou através de interação com os operadores;
- Alocação de Recursos & Status: para controle de utilização de equipamentos no chão-de-fábrica e verificação do status corrente;
- Controle de Documentos: para suporte ao gerenciamento dos documentos necessários a produção, bem como, do fluxo correspondente de atualizações e liberação para uso;
- Gerenciamento de Processo: para coordenar as atividades do fluxo do processo validando a evolução do fluxo da produção em função das regras estabelecidas;
- Análise de Performance: para reunir os dados do chão-de-fábrica de forma estruturada suportando avaliações analíticas da performance da produção;

³ www.amrresearch.com

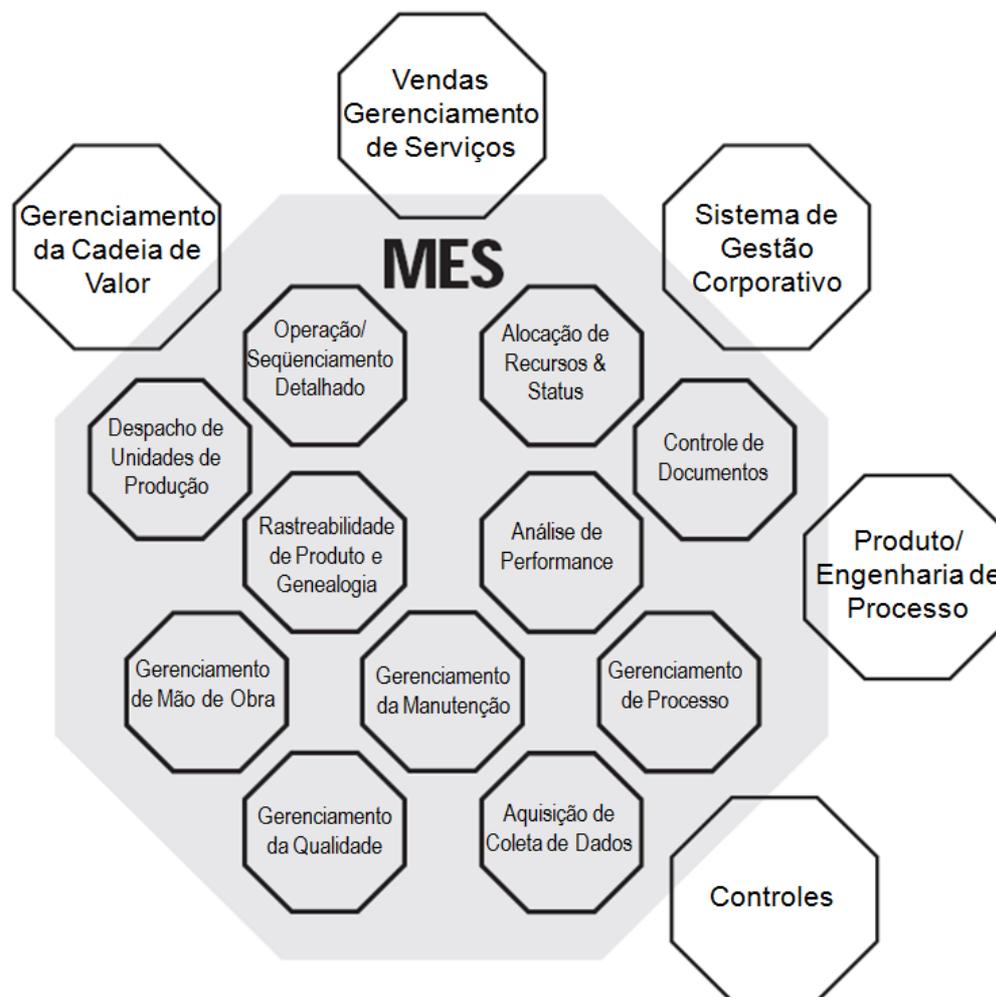


Figura 6 – MES Modelo Funcional.
 Fonte: Adaptado de MESA, 1997, P. 15

Com a evolução da discussão sobre o tema esta camada (nível 3) passou a ser entendida como um conjunto de sistemas que reúne também: Laboratory Information Management System (LIMS), Product Life Cycle Management (PLM), Enterprise Asset Management (EAM), Advanced Planning Schedule (APS), Plant Information System (PIMS), e Enterprise Manufacturing Intelligence (EMI) além do Manufacturing Execution System (MES). As responsabilidades atribuídas a cada tipo de sistema podem ser resumidas por:

- MES – Sistema responsável por coordenar as atividades ligadas ao acompanhamento das ordens de produção, mobilização de recursos necessários a ordem, controle do fluxo de materiais entre equipamentos e disposição do produto acabado, validando as ações da operação e gestão de forma a assegurar a fabricação de acordo com o planejado e mantendo a consistência das informações ligadas à produção, qualidade, inventário e manutenção através de interfaces com os demais sistemas e com automação do chão-de-fábrica;

- LIMS – Sistema responsável por suportar fluxo de informações nas atividades pertinentes ao laboratório, validando as ações dos analistas e fornecendo dados para os demais sistemas da arquitetura;
- PLM – Sistema responsável por suportar o processo de desenvolvimento de produto, criação de processos de fabricação correspondentes e atividades realimentação do projeto;
- EAM – Sistema responsável por suportar a manutenção nas atividades de planejamento, execução, gestão de recursos, documentação e configurações de equipamentos;
- APS – Sistema para responsável pela otimização do planejamento da produção, através de heurísticas, focando na programação da alocação individual de cada centro de trabalho para uma determinada ordem de produção;
- PIMS - Inicialmente, o conceito do PIMS surgiu nas indústrias de processos contínuos, tendo como característica principal sua capacidade de armazenamento de grande volume de dados, segundo Carvalho, F. et al. (2005). No começo o PIMS era reconhecido como software historiador, ou seja, um banco de dados temporal capaz de armazenar eventos de forma compactada. Em sua concepção, o objetivo era o apoio às aplicações analíticas. Na medida em que estes produtos evoluíram em termos de funcionalidades, estes tipos de sistemas começaram competir com fabricantes de software MES, estabelecendo certa sobreposição de funcionalidades entre o PIMS e MES.
- EMI – Sistema de apoio a decisão da Manufatura com capacidade de agregar informações provenientes de diferentes fontes de dados, contextualizar as informações, estabelecendo relacionamento entre os dados coletados, para análise e visualização através de ferramentas gráficas;

Como ilustração da forma dinâmica de integração entre essas funcionalidades, considere o exemplo de um processo de batelada e mistura, com tanques de matéria prima, área de pesagem, laboratório e linha de envase. Um dia normal de uma ordem de produção poderia ser como segue:

- Passo 1 – O planejamento libera as ordens de produção no ERP em função das necessidades;
- Passo 2 – As ordens liberadas são programadas pelo APS considerando capacidade finita dos recursos e heurísticas de processo, buscando a minimização de custo, prazo de entrega, etc;

- Passo 3 – No MES as ordens seqüenciadas são recebidas, onde são adicionadas as informações complementares para a produção e são transmitidas para a automação;
- Passo 4 – Na produção o operador, por meio do MES, mobiliza os recursos necessários para a produção, definindo o tanque da batelada, reservando produtos dos tanques de estocagem para transferência para o tanque da batelada, fracionando e identificando as demais matérias-primas correspondentes à ordem de produção através de código de barras ou etiquetas de rádio frequência;
- Passo 5 – Na automação o operador libera o início da fabricação da batelada, solicitando ao MES os parâmetros de produção correspondentes a ordem de produção do PLM;
- Passo 6 – As informações ligadas a variáveis analógicas do processo passam a ser transformados pelo PIMS em informações históricas com alto grau de compactação;
- Passo 7 – As informações históricas e transacionais ligadas a produção, qualidade e manutenção referentes à batelada passam a ser coletadas automaticamente pelo MES e utilizadas em regras de negócios definindo o fluxo do processo, construindo a genealogia do produto em fabricação e são utilizadas como base para disparar outros processos, como por exemplo, de abertura de notificação de uma manutenção corretiva no EAM, ou solicitação de processo de análise de uma amostra no LIMS.
- Passo 8 – No MES com a detecção do fim da batelada e com os resultados do laboratório, a operação libera o envase do produto acabado, que quando finalizado é um evento no MES que dispara o envio de mensagem de consumo de matérias-primas, apontamento de produto acabado e transferência de produto acabado para a logística no ERP.
- Passo 9 – Com o fim do ciclo produtivo os dados consolidados da produção são agregados e analisados de forma a suportar revisões e adoções de melhorias no processo no EMI;

Em 2004, sob a denominação C-MES - Collaborative MES (Figura - 7) a MESA atualizou o modelo para representar as funcionalidades da camada de Nível 3. No modelo C-MES são evidenciadas necessidades de integrações que não apareciam no modelo inicial, com outros sistemas, como por exemplo, Customer Relation Management – CRM, e é feita uma revisão nas funcionalidades que são reduzidas de onze para oito, com a transferência das funcionalidades de gestão de manutenção, programação detalhada da produção e gerenciamento de documentos para o domínio do Nível 4.

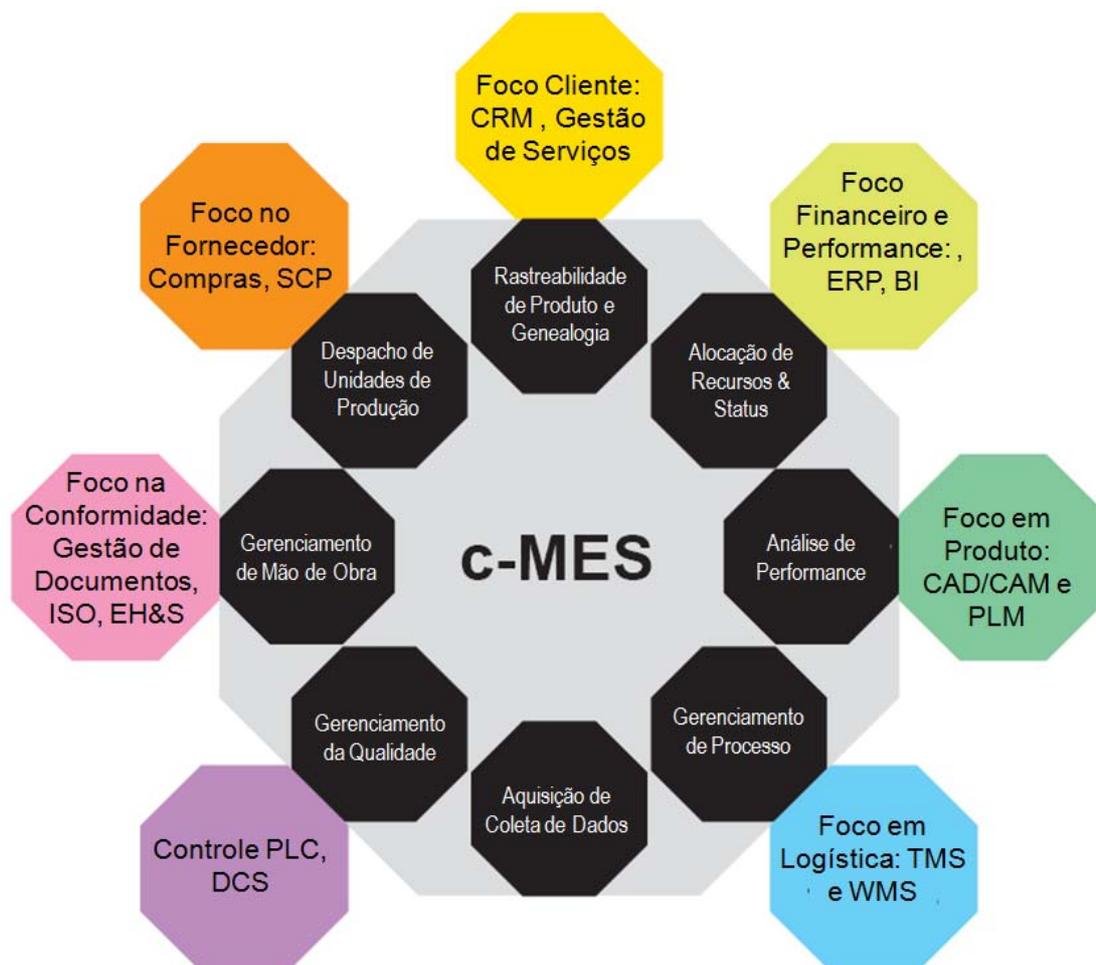


Figura 7 – c-MES Modelo Funcional.
 Fonte: Adaptado de MESA, 2004, P. 9

A discussão sobre as funcionalidades do Nível 3 e os softwares associados a esta é constante no mercado. Por exemplo, a ISA passou a referenciar a camada de nível 3 como Manufacturing Operation Management (MOM) com a publicação do documento ISA-95 Parte 3 (2005). Outros exemplos são a utilização de termos como Shop Floor Control (SFC), Plant to Enterprise (P2E) ou Business to Manufacturing (B2M) como propostas de arquitetura para a Manufatura. Em essência, essas propostas adicionam, subtraem, agrupam ou desagrupam funcionalidades com o objetivo de oferecer uma visão mais holística e aderente em termos de sistemas à complexidade da Produção.

A mesma discussão ocorre com relação aos softwares. Por exemplo, a AMR Research (2008) propôs que os sistemas Enterprise Manufacturing System (EMI) sejam substituídos por sistemas Operation Intelligence (OI), que se diferenciam por possuir ferramentas estatísticas,

capacidade de modelagem de processo e de simulação de cenários decorrentes de perturbações inseridas no modelo.

Para a ISA (2000), a camada de nível 3 é formada por um conjunto de funcionalidades (Figura 8), que foram definidas como base em uma evolução das propostas elaboradas durante a década de 80, gestadas principalmente na Purdue University, que buscavam integrar totalmente a fábrica com o auxílio da tecnologia da informação, e que receberam a sigla CIM.

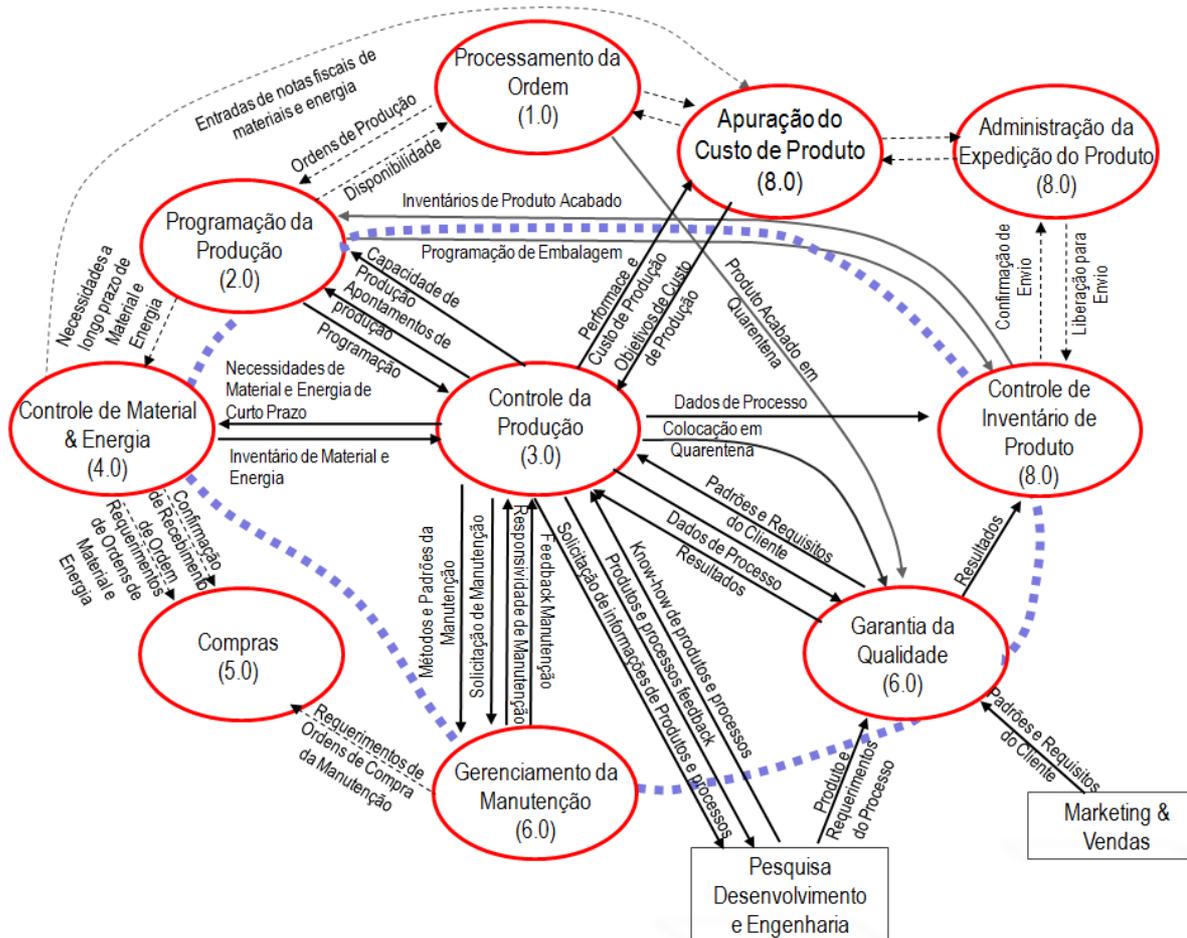


Figura 8 – Modelo Funcional ISA Gestão – Controle.
Fonte: Adaptado de ISA, 2000, p. 26

O modelo da ISA considera como funcionalidades ligadas à produção: Processamento da Ordem (1.0), Programação da Produção (2.0), Controle de Produção (3.0), Controle de Materiais e Energia (4.0), Compras (5.0), Gerenciamento da Qualidade (6.0), Controle de Inventário de Produto (7.0), Contabilidade de Custo de Produto (8.0), Administração de Expedição de Produto (9.0) e Gerenciamento de Produção (10.0), como apresentado na Figura 9. Deste conjunto, as funcionalidades de Programação de Produção (2.0), Controle de Produção (3.0), Controle de Material e Energia (4.0), Gerenciamento da Qualidade (6.0), Controle de Inventário de Produto Acabado (7.0) e Gerenciamento da Manutenção (10.0), são

funcionalidades de domínio total ou parcial da camada Controle e Gerenciamento da Operação. A responsabilidade em termos de sistemas para suporte à execução destas funcionalidades é atribuída de forma isolada ou compartilhada aos sistemas das camadas de gestão, execução e chão-de-fábrica. Para a decisão de quando atribuí-las à camada de nível 3, os critérios que são levados em consideração, segundo a ISA, são a natureza (discreta, contínua e batelada) e complexidade (produção para ordem, produção para estoque e produção sobre encomenda) dos processos da organização. De forma sintética, estas funcionalidades podem ser descritas como:

- Sequenciamento de Produção – Production Scheduling (2.0)
 - a) Determinação da seqüência de Produção;
 - b) Identificação das necessidades de matérias primas em horizonte de longo prazo;
 - c) Determinação da programação da data de entrega dos produtos acabados;
 - d) Determinação da disponibilidade de produtos para vendas.
- Controle de Produção – Production Control (3.0)
 - a) Controle da transformação da matéria prima em produto acabado em conformidade com a programação da Produção e padrões de Produção;
 - b) Execução das atividades de engenharia da planta e atualização dos planos de processo;
 - c) Geração de relatórios de desempenho e custos;
 - d) Análise de restrições de qualidade e capacidade;
 - e) Execução de auto-diagnósticos de equipamentos de Produção e controle;
 - f) Criação de padrões de Produção e instruções para procedimentos padrões de operação, receitas e manuseio de equipamentos de processos específicos.
- Controle de Materiais e Energia – Material & Energy Control (4.0)
 - a) Gerenciamento do inventário, transferências e qualidade de materiais e energia;
 - b) Geração de requisição para compra de materiais e energia base em horizonte de curto e longo prazo;
 - c) Realização de Cálculo e Relatório de balanço de inventário e perdas de matérias primas e utilização de energia;
 - d) Notificação de compras e recebimento de materiais e energia de fornecedores.
- Garantia da qualidade – Quality Assurance (6.0)
 - a) Realização de teste e classificação de materiais;
 - b) Definição de padrões de qualidade para materiais;
 - c) Emissão de padrões para manufatura e teste laboratoriais em acordo com requerimentos de tecnologia, marketing e serviços ao cliente;

- d) Coleta e manutenção da qualidade dos dados;
 - e) Liberação de materiais para uso futuro (entregas para processamento futuro);
 - f) Reporte dos desvios de materiais para engenharia de processo para re-análise e atualização de processos.
- Controle de Inventários de Produto Acabado – Product Inventory control (7.0)
 - a) Controle do inventário de produtos acabados;
 - b) Realização de reserva para produtos específicos em acordo com as diretivas de vendas de produtos;
 - c) Geração do plano de embarque de produtos acabados em acordo com a programação de entrega;
 - d) Reporte do inventário para a programação da Produção;
 - e) Arranjo físico para carga/despacho de mercadorias coordenadas com a gerência responsável pelo despacho de produtos.
 - Gerenciamento da manutenção – Maintenance Management (10.0)
 - a) Providência de manutenção para a instalação existente;
 - b) Providência de programa de manutenção preventiva;
 - c) Providência de monitoração dos equipamentos para anteciparem falhas, incluindo programas de auto-diagnóstico;
 - d) Emissão de requisição de ordens de compra para materiais e peças de reposição;
 - e) Desenvolvimento de relatórios de custo de manutenção e contratação de terceiros para tarefas;
 - f) Providência de status e realimentação técnica do desempenho e confiabilidade para engenharia de suporte a processo.

A ARC Advisory Group (fundada em Boston, USA, 1986) propôs em 2002 o modelo Collaborative Manufacturing Management (CMM) para representar a complexidade de sistemas da Manufatura (Figura-9). No modelo da ARC os sistemas são construídos para suportar três eixos:

- Execução da Manufatura: No eixo da manufatura são situados os sistemas: ERP - Enterprise Resource Planning, responsável pelo planejamento geral dos recursos da companhia; HR - Human resource, pela gestão dos colaboradores; FIN – Financial, pela atividades financeiras contábeis; CPM - Collaborative Production Management, pela coordenação da atividades ligadas ao ciclo de vida da produção, PAM - Plant Asset Management, para gestão dos ativos

da planta; RPO - Real Time Process Optimization, para otimização de processos em tempo real baseado em modelos matemáticos preditivos; PSO - Process Simulation Optimization, para simulação de cenário de processos com foco em otimização de recursos; AT – Automation Technology, responsável pelo controle e automação de processos e equipamentos na planta; PIMS – Plant Information Management, com objetivo de registro histórico de variáveis de processo e o MAS – Material Handling Automation System, responsável por gerenciar o processo de abastecimento de materiais no ponto de uso;

- Desenvolvimento de Produto: No eixo de desenvolvimento do produto ocorre a integração entre a gestão do desenvolvimento do produto e processos executados através do PLMd - Product Lifecycle Management Design, considerados os ativos gerenciados através do EAM - Enterprise Asset Management, que é realimentado com informações do cliente que são coletadas através do PLMs - Product Lifecycle Management Support;
- Atendimento do Cliente: Já no eixo de atendimento ao cliente os sistemas são: SRM – Supplier Relationship Management para gestão dos fornecedores, e-P – e-Procurement, para compra via internet de materiais; CPS- Collaborative Planning & Scheduling, para planejamento e programação fina da produção; GLS-Global Logistic System, para gestão integrada de todos os recursos destinados a logística; TMS-Transporte Manangement System, para gestão dos meios de transporte a serviço da logística e o CRM-Custmer Relationship Management, responsável pela gestão do relacionamento com o Cliente.

Nesse modelo as intersecções dos eixos representam a interligação entre os processos que se suportados por sistemas integrados viabilizam a criação de um cenário para a colaboração na manufatura.

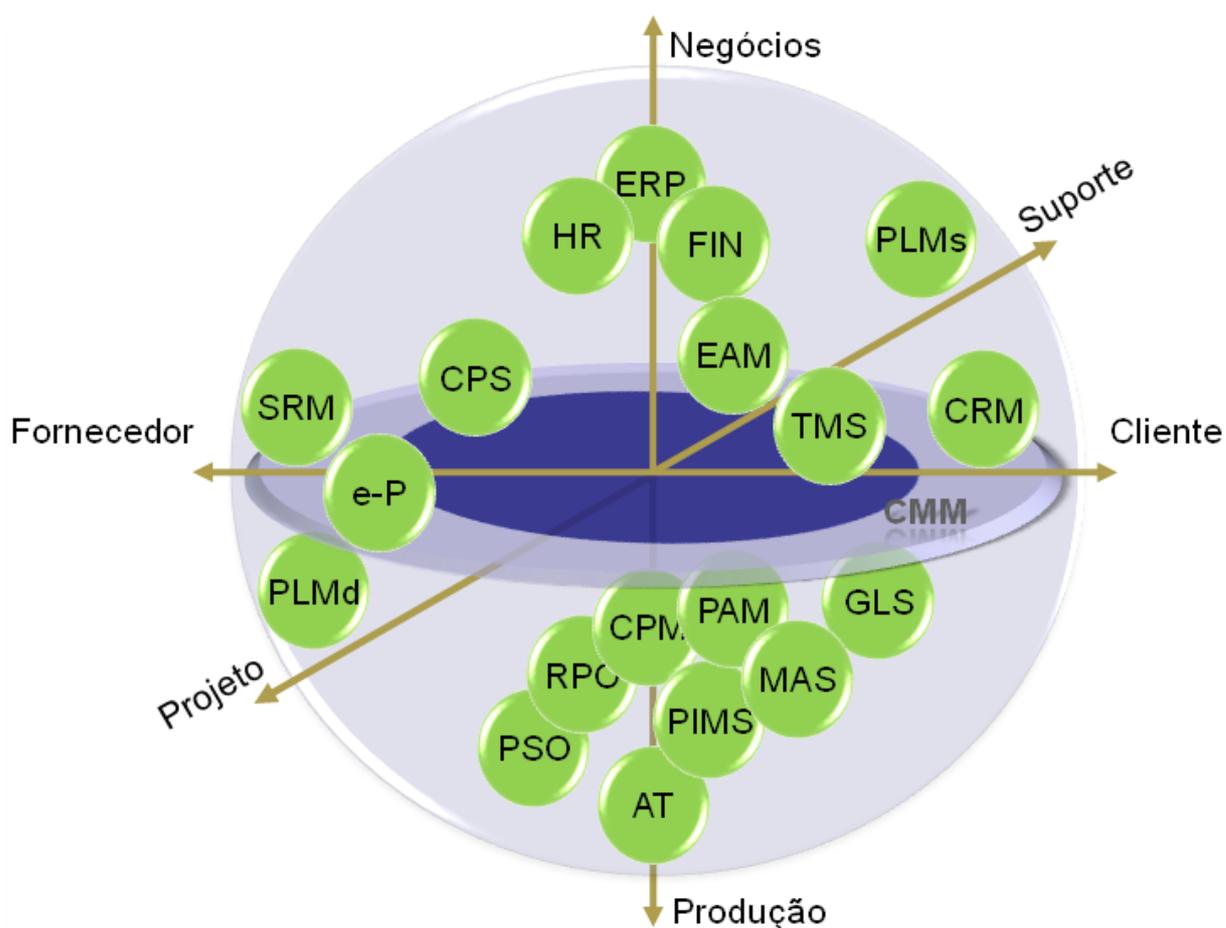


Figura 9 – ARC Hierarquia de Sistemas .
 Fonte: Adaptado de ARC, 2002, p. 14

É freqüente também encontrar o termo Computer Integrated Manufacturing (CIM) na literatura propondo uma visão funcional de arquitetura para a Manufatura. Segundo Slack (2002, p. 249), a manufatura integrada por computador pode ser definida como:

Monitoramento baseado em computador e controle de todos os aspectos do processo de manufatura baseado num banco de dados comum e acessado por alguma forma de computador.

Na maioria das teses em que o MES é abordado no Brasil o foco tem sido o detalhamento funcional da camada em termos de: arquitetura, funcionalidades e possibilidades de cenários de negócios. Porto et al (2002) em seu estudo sobre manufatura virtual, por exemplo, traça um cenário onde o foco é a simulação de processo e o MES é

cliente e servidor desta arquitetura de manufatura virtual. Junqueira (2003), por sua vez, contextualiza o MES, explora suas funcionalidades e arquitetura. Já Pupo (2002) aborda o MES do ponto de vista de seu caráter técnico de conectividade, na mesma linha que Ferraz Junior (2002) coloca o MES como algo viável tecnicamente em um horizonte de médio prazo.

Gaidzinski (2003) acrescenta a esta discussão a forma de ver dos fornecedores de software sobre a importância e viabilidade técnica e, ainda, fornece um exemplo de um caso real em empresa de refrigerantes. Favaretto (2001) se diferencia um pouco destas abordagens fazendo uma análise dos potenciais benefícios estratégicos decorrentes da adoção do MES.

Na literatura analisada existem modelos que representam de forma integrada as arquiteturas funcionais e de hardware, como por exemplo, a utilizada por Pereira e Souza (2008). Para os autores a complexidade da arquitetura da manufatura pode ser representada através de uma pirâmide composta de cinco níveis, como ilustrado pela figura-10. Nesse modelo, na base da pirâmide encontram-se a aquisição de dados dos processos e de máquinas por meio de sensores e atuadores e a elementos de interface manual com o operador, como por exemplo, botões e lâmpadas. As informações obtidas do processo e da operação são utilizadas em lógicas executadas no nível 2 por Controladores Lógicos Programáveis, Inversores de Freqüência ou por meio de painéis elétricos de relés. No nível 3, a plataforma de software e hardware passa a ser utilizada para controle e monitoramento remoto de dados e otimização de processo. Esse nível é formado por sistemas de supervisão funcionando em Computadores, Workstation ou através Interfaces Homem Máquina, com hardware e software dedicados. O nível 4 da pirâmide é dedicado a ferramentas com o objetivo de representar matematicamente o processo, permitindo a avaliação de resultados de perturbações no processo e aplicações analíticas. O topo da pirâmide é dedicado ao Planejamento Estratégico Corporativo e a hospedar o Enterprise Resource Planning (ERP).

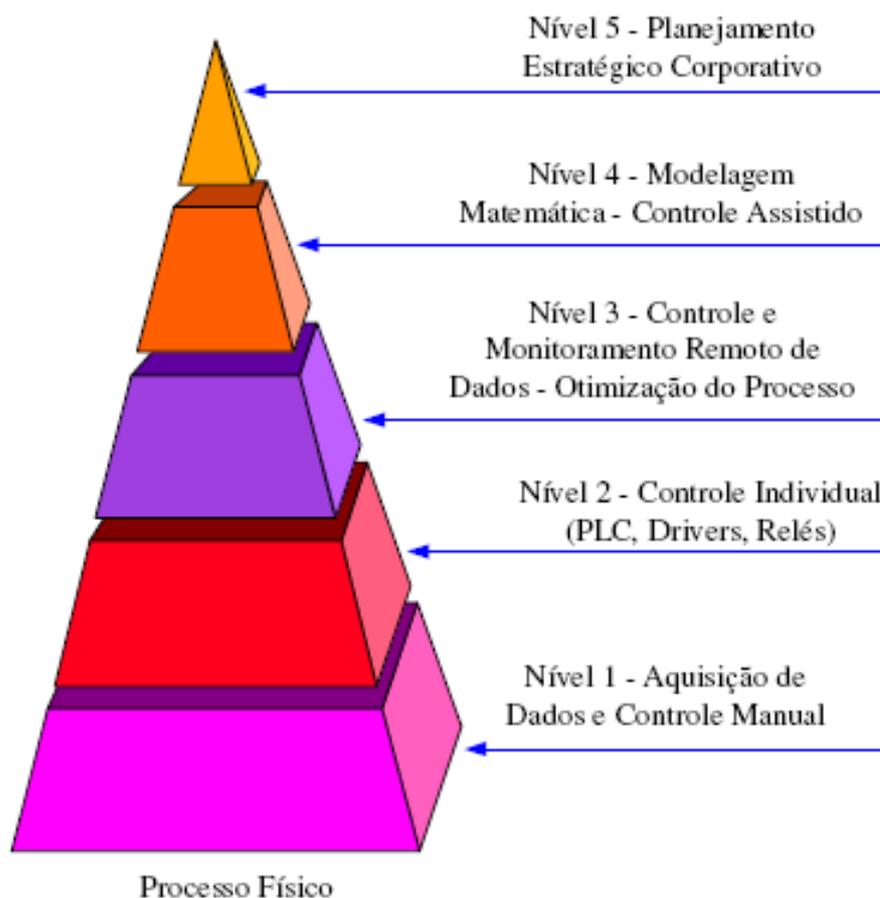


Figura 10 – Níveis de Controle Industrial – Pirâmide de Automação.
 Fonte: Webb, 1992 apud Pereira e Souza, 2008

A construção dessa pirâmide de automação, que conjuga software e hardware, evidencia uma característica estrutural fundamental para o Nível 3 que é a convergência em termos de tecnologias de rede de informação com automação, como observado Pereira e Souza (2008).

Moraes e Castrucci (2007) propõem uma correspondência entre a Pirâmide de Automação e as diferentes redes de comunicações utilizadas (Figura 11). Na representação dos autores entre o Nível 5 e o Nível 4 são utilizados redes que suportem os protocolos Ethernet, Mac ou TCP/IP, igualmente entre o Nível 4 e o Nível 3, já entre os Níveis 3 e 2 são utilizadas redes com suporte aos protocolos ControlNet, Profibus FMS e FieldbusHSE e finalmente entre os Níveis 2 e 1 as redes utilizadas possuem suporte aos protocolos Fieldbus H1, CAN, Profibus DP, PA, Hart, ASI, Lonwork e Interbus, veja Moraes e Castrucci (2007).

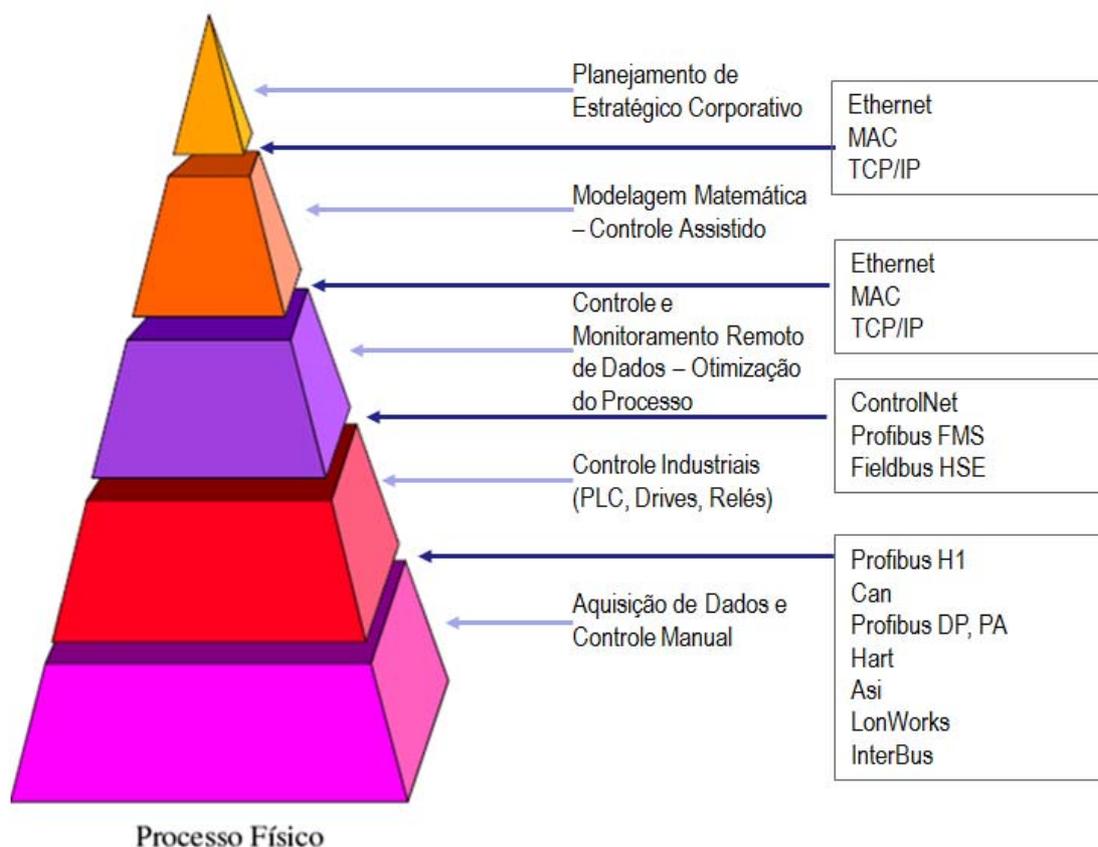


Figura 11 – Correspondência Pirâmide de Automação e Protocolos de Rede.
Fonte: Moraes e Castrucci, 2007

Para Moraes e Castrucci (2007) a decisão sobre o protocolo adequado a ser utilizado é definida com base nas características de cada rede que é formada por: desenvolvedor de tecnologia, taxa de transmissão, tecnologia de comunicação, algoritmo de acesso ao meio, meios físicos, número máximo de nós, capacidade determinística, padrões e alimentação do barramento, que são resumidas pela Tabela 1 criadas pelos autores. O trabalho do auto sobre tema corrobora com a percepção dos profissionais do Mercado, da importância da construção de uma arquitetura de software e hardware para produção, haja vista a quantidade padrões e soluções, criadas com o objetivo de construir uma arquitetura que torne possível a integração das informações do chão de fábrica até o ambiente corporativo.

Tabela 1 – Visão geral das principais tecnologias de rede da produção.

	AS-Interface	ModBus	DeviceNet (CAN)	PROtibus-PA	LonWorks	Foundation FieldBus H1	Interbus	ControlNet	6.4 Ethernet
Desenvolvedor da tecnologia	Grupo de empresas	Modicon	Allen-Bradley	Siemens/PTO	Echelo Corp.	Fieldbus Foundation	Phoenix International	ControlNet International	Xerox Palo Alto
Taxa de transmissão	167 K	Não especificado (de 1,2K a 115,2K)	Até 1 M	31,25 K	Até 1,25 M (depende do meio físico)	31,25 K	500 K	5 M	10 M
Tecnologia de Comunicação	Mestre-escravo	Mestre-escravo	Produtor-consumidor	Mestre-escravo	Mestre-escravo	Mestre-escravo	Mestre-escravo	Produtor-consumidor	Produtor-consumidor ponto a ponto
Algoritmos de Acesso ao Meio	Cíclico	Token passing	CSMA/CD (NDA)	Token passing	CSMA preditiva	Token passing	Nenhum	CTDMA	CSMA/CD
Meios Físicos	TP	TP	TP, fibra óptica, coaxial	TP	TP, coaxial, fibra, rádio-freqüência	TP, fibra ótica	TP, fibra ótica	Coaxial, fibra ótica	TP, Coaxial, fibra ótica
Número máximo de nós	31 ou 62	247	Depende do fabricante	256 por rede	32.385 por domínio	240 por segmento, 216	4096	99	2 ¹¹ ou 2 ²⁹ em modo estendidos
Determinística	sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Padrões	IEC947-5-2/D EN 60 947	Modicon PHMVUS-300- RevE	ISO 11898, ISO 11519	IEC 61158, IEC 61784	ANSI/EIA 709.1	IEC 61158	DIN 19258	EN50170	IEEE 802.3
Alimentação barramento	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não

Fonte: Moraes e Castrucci, 2007 – Pg. 181

A ISA em 2004 publicou um conjunto de dois relatórios técnicos, Security Technologies for Manufacturing and Control System (ANSI-ISA – TR.99.00.01 – 2004) e Integrating Electronic Security into the Manufacturing and Control System Environment (ANSI-ISA – TR.99.00.02 – 2004), com o objetivo de endereçar a segurança do ambiente integrado em formação da manufatura propondo padrões de segurança para serem adotados em cada camada e na conexão entre camadas, contribuindo com esforços de pesquisa e engenharia para o tema.

Os esforços de pesquisas realizados em diferentes áreas de conhecimento corroboram com a visão da comunidade de profissional de automação e informação, de que a implantação de sistemas MES é algo muito presente na agenda dos principais executivos do Brasil, semelhante ao que ocorre nos Estados Unidos. No mercado americano isto pode ser percebido pela atenção que os sistemas MES, por exemplo, têm obtido de fornecedores de software e de automação e associações de profissionais. O panorama é o seguinte:

- Fornecedores de software: Atualmente tanto fornecedores de software tradicionais das áreas de softwares de gestão como de softwares de chão de fábrica estão executando investimentos significativos nesse mercado. Assim, do lado da automação industrial, empresas como Rockwell⁴, GE⁵ e Siemens⁶, buscam produtos e profissionais especializados para o trabalho de integração. A preocupação dessas companhias é ocupar espaços em um território que se mostra muito promissor nos próximos anos. A Rockwell, por exemplo, adquiriu recentemente a Datasweep⁷ e a Incuity⁸ empresas especializadas em desenvolvimento de aplicativos para a camada MES e EMI;
- Do lado das empresas de TI os movimentos são semelhantes e podem ser registrados em iniciativas como a da SAP⁹, ao adquirir a Lighthammer¹⁰ e Visiprise¹¹ também especializada em desenvolvimento de aplicativos para a camada EMI e MES. A importância conferida ao novo segmento pode ser vista ainda em ações como as da Microsoft¹² e IBM¹³, hoje com

⁴ www.rockwellautomation.com

⁵ www.gefanuc.com

⁶ www.siemens.com

⁷ www.datasweep.com

⁸ www.incuity.com

⁹ www.sap.com

¹⁰ www.lighthammer.com

¹¹ www.visiprise.com

¹² www.microsoft.com

¹³ www.ibm.com

representantes no quadro de diretores da principal organização dedicada a tratar da integração, Mesa (Manufacturing Enterprise Solutions Association)¹⁴;

▪ Organizações de Profissionais da Área de Automação e Tecnologia da Informação: Esforços convergentes vêm sendo realizados para o desenvolvimento de padrões de interoperabilidade entre as duas áreas por organizações como o grupo Standard Project 95 da The Instrumentation Systems, and Automation Society – ISA¹⁵, OPC Foundation¹⁶ e WBF, World Batch Forum¹⁷, que atuam no âmbito da indústria, ou como o OAGI, Open Applications Group¹⁸ por parte dos profissionais de tecnologia da informação;

2.4. Modelos de Alinhamentos, Indicadores Operacionais e Financeiros

Apesar dos esforços feitos nesse sentido, a transposição do modelo teórico para ambiente real da produção requer uma particularização para cada empresa, atingida com a seleção e priorização das funcionalidades dentre as contidas sobre o domínio da camada. Esta maneira de definir as aplicações necessárias para organização seria, assim, o produto de um processo de alinhamento que é lacuna freqüente no processo de implantação da Governança em TI, segundo Fernandes e Abreu (2006).

Quanto ao processo de alinhamento de TI, Fernandes e Abreu (2006) dizem que pode ser entendido como uma busca estática e dinâmica de correspondência entre objetivos do negócio e ações correspondentes a área de TI, ou seja, um processo que assegura que a empresa está investindo e fazendo o uso de ativos de TI em conformidade com os interesses dos investidores.

Carvalho, M. et al (2001) propõem que as ferramentas de alinhamento podem ser classificadas em 4 grandes grupos: modelos para diagnóstico, modelos prescritivos, modelos com foco na ação e modelos integrativos. Estes autores, ainda, descrevem modelos, atividades, processos, procedimentos e referências bibliográficas a eles inerentes, os quais permitem compreender seus limites e abrangências:

¹⁴ www.mesa.org

¹⁵ www.isa.org

¹⁶ www.opcfoundation.org

¹⁷ www.wbf.org

¹⁸ www.openapplications.org

- Modelos para Diagnóstico: com foco em identificar o papel da TI na organização.
 - a) Grid Estratégico de McFarlan (1984) – Nesta análise o foco é posicionar a TI no nível de seu impacto presente e futuro para a estratégia da empresa;
 - b) Matriz de intensidade da informação de Porter e Millar (1985) – Nesta avaliação o ponto principal é identificar a importância de TI em função da participação de TI dentro da cadeia de valor de produto da companhia;
 - c) Estágio de Informatização das empresas de Nolan e Donovan (1988) – Nestas análises é dada ênfase a entender em que estágio de crescimento e/ou de maturidade a TI esta alcançando na organização;
 - d) Modelo de Alinhamento Estratégico de Venkratan (1993) – Trata em seu modelo de identificar quais fatores influenciam internamente e externamente a TI, como esta influência reflete na TI em termos de Aplicações, Informações, Infra e Recursos Humanos e como a TI influencia a estratégia, estabelecendo uma realimentação no sistema;
 - e) Referências citadas – Trabalhos de Donovan (1998), Eardeley (1996), Li e Ye (1993).

- Modelos Prescritivos: Este grupo tem como objetivos propor padrões a serem seguidos pela TI.
 - a) Referências citadas – Trabalhos de Smithson e Hirscheim (1998), Luftman (1996), Prairie (1996), Rockart (1979), e McFarlan (1990).

- Modelos com Foco na Ação: Já neste grupo encontram-se incluídos modelos com objetivos de serem ferramentas, que em função de uma de uma estratégia derivam os requisitos a serem atendidos e aplicações necessárias para tal fim.
 - a) Modelo de Alinhamento de Rockart (1979) – É um modelo que propõe uma metodologia para a identificação dos Requisitos de Negócio para a área de TI. Para Rockart (1979) a definição da arquitetura de sistemas é fruto de uma análise que pode ser conduzida pelos próprios usuários;
 - b) Modelo de Farbey (1995) – Este modelo define quais as aplicações recomendadas com base em uma análise qualitativa do retorno obtido com a TI dentro de uma escala de 8 níveis.
 - c) Abordagem BSC (Balanced Score Card) – Kaplan e Norton (2002). Para Fernandes e Abreu (2006) o BSC é uma ferramenta que pode ser usada para o alinhamento de TI. Laurindo (2005) reconhece o BSC como uma variação do modelo de Rockart, onde os

Fatores Críticos de Sucesso, definidores das aplicações, são distribuídos nas dimensões relacionadas à cliente, finanças, processo e recursos humanos.

- Modelos integrativos: Existe mais um grupo com foco em executar uma análise de maior complexidade da TI, através da combinação de ferramentas dos grupos acima listados, incluindo as de Laurindo (2005) e Willcock e Lester (1997).

Para suportar a criação da proposta de alinhamento deste trabalho optamos por utilizar, o modelo de Rockart (1979) que é uma ferramenta consolidada pela sua larga aceitação na academia em termos da identificação de requisitos baseadas em uma análise top down. No modelo, o conceito se resume na proposta de que os próprios executivos devem identificar as poucas coisas fundamentais para o sucesso do negócio, definir indicadores para mensurar o progresso nesses fatores críticos e com base nestes indicadores derivar os requisitos e as necessidades de sistemas.

A MESA (2006) oferece uma orientação para construção do alinhamento entre os investimentos feitos na camada de Nível 3 (Figura 12). O modelo proposto pela MESA é composto de nove etapas:

- Primeira etapa – Na primeira etapa é construída a estrutura de métricas relevantes para a produção;
- Segunda etapa – Nesta etapa são estabelecidas as definições de domínios para delimitação de atividades do processo;
- Terceira etapa – Com base nas definições de domínios são segregadas as funcionalidades e métricas correspondentes relacionadas a cada atividade do processo;
- Quarta etapa – Dentro dos conjuntos de atividades segregados são selecionadas as funcionalidades e os fluxos de dados relevantes para o processo;
- Quinta etapa – Nesta fase as métricas são agrupadas por categorias com objetivo de suportar uma exploração analítica dos dados;
- Sexta etapa – Com base na segregação das funcionalidades, mapeamento dos fluxos de dados relevantes e categorias em que as métricas foram agrupadas é executada a conversão do levantamento em termos de modelo de dados, objetos e definições de aplicações;
- Sétima etapa – Nesta etapa o modelo de dados construído é convertido em uma representação canônica que permita uma integração com um modelo canônico corporativo;

- Oitava etapa – Baseado nos fluxos de dados relevantes para o processo, no modelo de dados estruturado e nos objetos criados são definidas as mensagens a serem trocadas entre os diferentes objetos criados;
- Nona etapa – Nesta etapa é construída uma biblioteca com cenários de interações entre os objetos para execução do processo que quando executados são suportados por métricas que afetam as métricas de nível correspondente superior, mantendo a consistência na estrutura hierárquica de métricas desenvolvida;

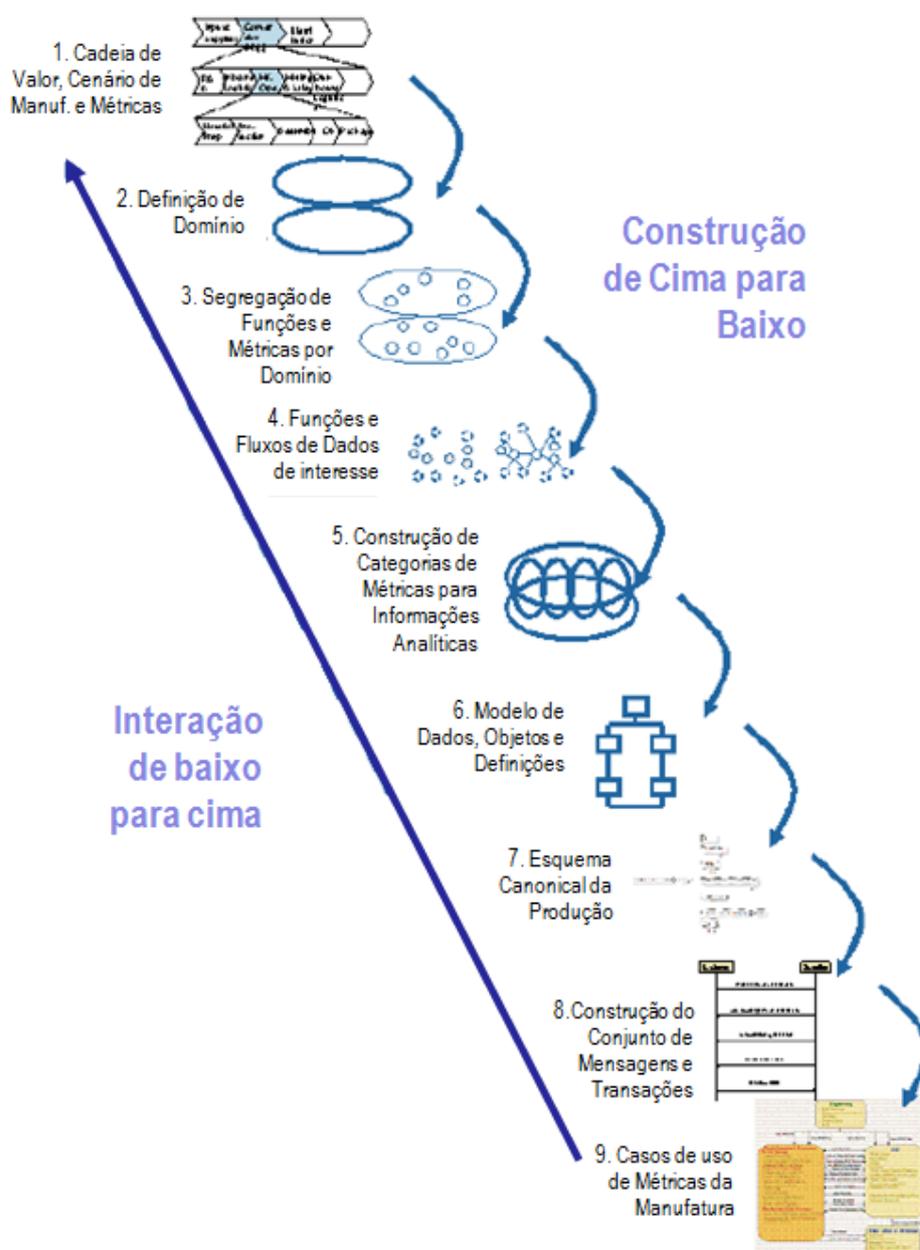


Figura 12 – Método para construção de métricas operacionais e definição de objetivos de negócio.
Fonte: Adaptado de MESA, 2006

A proposta da MESA busca manter a consistência entre a construção da hierarquia de indicadores com a plataforma de sistemas. O modelo da MESA se apresenta dessa forma como uma ferramenta abrangente, oferecendo diversos graus de detalhamento, com construção de cima para baixo e operação através de interações de baixo para cima, que demanda correspondente dedicação em termos de horas de engenharia e conhecimento técnico para sua aplicação.

A definição de indicadores operacionais é uma questão chave no modelo proposto pela MESA. A MESA (2006) conduziu um estudo com objetivo de identificar as Métricas que realmente importam para operação, apontando que os indicadores são adotados de forma particular por cada organização. Neste estudo foi identificado que nas indústrias pesquisadas, os indicadores operacionais adotados em maior frequência são:

- Incidentes de segurança: que relata o número de ocorrência de incidentes e acidentes por ano;
- Pedidos de clientes entregues na data solicitada: que mede a proporção de pedidos entregue na data solicitada em relação à quantidade total de pedidos;
- Pedidos de clientes entregues na data compromissada: que mede a proporção de pedidos entregue na data compromissada com o cliente em relação à quantidade total de pedidos;
- Tempo de ciclo da manufatura: que mede o intervalo entre receber e atender uma solicitação do cliente;
- Média de horas extras por semana: que mede a média de horas extras da mão de obra direta empregada na fabricação por semana;
- Média de dias de inventário: que mede a média da relação entre a quantidade total de inventário dividido pelo consumo diário de inventário para um período especificado;
- Rendimento no primeiro ciclo: que mede o rendimento obtido conforme especificação na primeira passada pela fábrica em relação ao total de produzido;
- Capacidade utilizada: que mede a relação entre a capacidade utilizada em relação à teórica;
- Taxa de Rejeição pelo Cliente: que mede a relação entre a quantidade de produtos rejeitados em relação à quantidade de produtos faturados;
- Rendimento no primeiro ciclo: por batelada/lote/unidade: que mede o rendimento obtido conforme especificação na primeira passada pela fábrica em relação ao total de produzido por batelada/lote/unidade;

- Média de dias de material em processo: que mede a média da relação entre a quantidade total de material em processo dividido pelo consumo diário de material em processo para um período especificado;

Já com relação aos indicadores utilizados para análise financeira existe uniformidade na utilização e entendimento, em função das regulamentações associadas segundo Stickney e Weil (2006). Os autores apontam que os indicadores financeiros, independente da regulamentação de cada país, normalmente adotam as recomendações conhecidas como Princípios Contábeis Geralmente Aceitos - PCGA, que são emitidos pelo Financial Accounting Standards Board – FASB (fundado em , USA, em 1973). Os autores definem os indicadores financeiros como ferramentas para análise sobre o: Crescimento, Lucratividade, Rotatividade e Alavancagem Financeira. A análise sobre o crescimento tem por objetivo mensurar o crescimento da renda, a de Lucratividade busca acompanhar a evolução da margem operacional, a de Rotatividade a eficácia na utilização dos ativos e a de Alavancagem, por sua vez, avaliar a combinação entre utilização de capital próprio e financiado na operação. Exemplos de indicadores ligados a estas análises são:

- Retorno Sobre Ativo (em inglês Return of Assets - ROA): mede o sucesso de uma empresa em gerar ganhos utilizando os ativos, independente do financiamento desses ativos;
- Rotatividade de Estoque: mede a velocidade com que o estoque está sendo vendido, através da divisão do custo da mercadoria vendida pelo estoque médio, contribuindo com a avaliação da liquidez a curto prazo;

Um ponto comum para todos os indicadores financeiros é que estes são gerados tendo como base fatos contábeis, apurados em períodos e com graus de agregações distintos dos utilizados na geração dos indicadores operacionais.

3. METODOLOGIA PROPOSTA

A questão de Governança para a camada MES é mais sensível às empresas que já iniciaram a implantação do sistema com este propósito. Na visão da comunidade de profissionais de automação e informação, o processo para implantar os sistemas MES é algo muito presente na agenda dos principais executivos do Brasil. Apesar do grande interesse das empresas, não se dispõe de pesquisas de campo no país que forneçam dados quantitativos sobre o assunto. Portanto, nesta dissertação antes da elaboração da proposta de um mecanismo de alinhamento para a camada MES, executou-se uma pesquisa de campo com intuito de mensurar a importância desta para os gestores e suportar a proposta deste estudo. Com base nos resultados obtidos e na revisão bibliográfica construiu-se o mecanismo de alinhamento da camada MES proposto neste trabalho.

3.1. Metodologia da Pesquisa de Campo

Para mensurar a importância da camada MES para as empresas brasileiras, o campo de estudo foi restrito a 50 empresas industriais listadas no Guia Exame 500 Maiores & Melhores de 2005. O primeiro critério usado para escolhê-las foi em função de estas empresas possuírem grande significância no PIB brasileiro, representando cerca de 150 bilhões de dólares, correspondente a 20% do seu total (Tabela-2), e o quadro de pessoal ter executivos de Engenharia ou de TI, diretamente ligados à implantação de sistemas de suporte a Produção, independentemente do segmento ao qual pertenciam (Tabela-3). Quanto à sua localização, optou-se por aquelas sediadas nas regiões Sul e Sudeste do país, devido a maior concentração deste tipo de empresa industrial nas referidas regiões.

Em relação às pessoas responsáveis pelas informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, coube a alta administração de cada empresa designar o gestor de TI ou de Automação Industrial para responder ao instrumento proposto em uma primeira etapa da investigação. Uma vez selecionados os sujeitos de pesquisa, o contato foi estabelecido com o uso da Internet para envio e recepção das informações desejadas, via e-mail.

Tabela 2 - Frequência Marginal das Empresas por Segmento.

Código	Valores Assumidos	Frequência Marginal
Segmento	Alimentos, Bebidas e Fumo	4
	Automotivo	10
	Farmacêutico, Higiene e Cosmético	2
	Material de Construção	4
	Mecânica	1
	Mineração	1
	Papel e Celulose	3
	Plástico e Borracha	3
	Química e Petroquímica	11
	Siderurgia e Metalurgia	11

Fonte: Autor

Tabela 3 - Frequência Marginal das Empresas por Faturamento.

Código	Valores Assumidos (em milhões de reais)	Frequência Marginal
Faturamento	Faturamento superior 5.000,00	3
	Faturamento superior a 2.500,00 e inferior a 5.000,00	7
	Faturamento superior a 1.000,00 e inferior a 2.500,00	12
	Faturamento superior a 500,00 e inferior a 1.000,00	21
	Faturamento inferior a 500,00	7

Fonte: Autor

O instrumento utilizado foi um questionário com a seguinte característica: as duas primeiras questões nortearam a constituição do campo de estudo e constava no Guia Exame 500 M&M do ano de 2005; as demais questões foram elaboradas pelo autor do presente estudo, mantido o padrão usado nas duas primeiras e submetidas aos gestores de TI e/ou de Engenharia de Automação para que especificassem as características da sua empresa, segundo a informação solicitada em cada uma (APÊNDICE A). As questões do tipo múltipla escolha ou classificatória buscaram construir indicadores de três perspectivas sobre as empresas pesquisadas:

- a) Contextualização do Ambiente de Negócios da Empresa com perguntas sobre o faturamento, segmento e tipo de processo produtivo;
- b) Visão da Empresa sobre o MES com as perguntas sobre previsão de investimentos, prioridade relativa do MES frente a outras tecnologias e principais motivadores;
- c) Características do Ambiente Tecnológico da Empresa com perguntas sobre a abrangência da implantação do ERP, abrangência da implantação da Automação Industrial, idade do ERP ou idade da Automação Industrial.

O prazo estipulado para a resposta do instrumento de pesquisa foi de 15 dias, prorrogado por igual período, a fim de permitir certa flexibilidade aos integrantes da população alvo em atender suas ações gerenciais e responsabilidades, além de prestar as informações solicitadas. Durante esse período os respondentes foram contatados por telefone para verificar a necessidade do esclarecimento de dúvidas sobre o objetivo de uma ou mais questões.

3.2. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Os resultados do presente estudo foram descritos textualmente e em números absolutos e relativos, ilustrados por tabelas, gráficos ou figuras para apreciação mais rápida e objetiva dos dados, sempre que considerado necessário ou oportuno. Os códigos existentes nas questões de 3 a 6 destinaram-se somente a tabulação simples das informações e analisadas estatisticamente segundo a frequência em que ocorreram. Os de 7 a 10 foram destinados igualmente à tabulação simples das informações e a análise estatística dos seus resultados observou a frequência em que ocorreram em cada uma dessas questões, acrescidos da análise de correspondência (Anacor) de cada variável contra a importância atribuída ao MES como sugerido por Fávero et al (2009).

Na presente pesquisa sobre a ampliação dos limites da Governança de TI até o chão de fábrica, aplicando o MES, as 50 empresas industriais selecionadas distribuíram-se pelo tipo de produção por elas desenvolvida, segundo a frequência marginal por Processo. Verificou-se um destaque para 23 (46 %) com Produção Contínua, 15 (30 %) na Produção em Massa/Linha e 9 (18 %) possuidoras de Produção por Batelada (Tabela 4).

Tabela 4 - Frequência Marginal das Empresas por Processo.

Código	Valores Assumidos	Frequência Marginal	
		Nº	%
Processo	Produção por Projeto	1	2
	Produção por Job	1	2
	Produção por Batelada	9	18
	Produção em Massa/Linha	15	30
	Produção Contínua	23	46
	Processo Misto	1	2
TOTAL		50	100

Fonte: Autor

As respostas ligadas à visão das empresas sobre o MES são apresentadas em gráficos com base nas informações tabuladas. O Gráfico da Figura 13 representa a distribuição das empresas pesquisadas em termos de planos de investimentos em MES, considerando diferentes horizontes de tempo. Verifica-se que 35 (70 %) dos respondentes informam que já investe nesse tipo de sistema diante dos demais, correspondendo 11 (22 %) que pretendem investir em diferentes horizontes de tempo variáveis de um a mais de dois anos e quatro (8 %) que não pretendem investir, sendo que a metade deles nunca pensou em fazê-lo e a outra experimentou e fez a opção de não mais fazer um novo investimento no horizonte proposto.

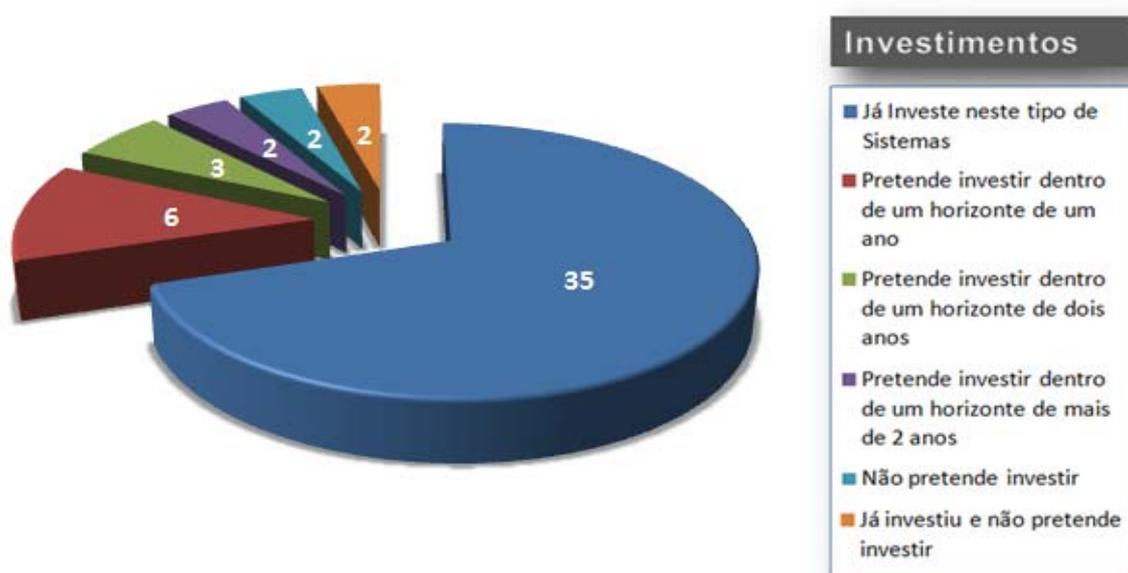


Figura 13 – Intenção dos respondentes no Investimento em MES.

Fonte: Autor

O Gráfico da Figura 14 apresenta o MES dentre as três primeiras tecnologias sugeridas, apresentando a importância que ele vem assumindo neste contexto. As tecnologias encontram-se na ordenada e a frequência de empresas que a consideraram como prioritária na abscissa. Assim, o ERP recebe o investimento de 22 (44 %) das empresas investigadas, a AI é contemplada por 16 (32 %) e o MES já alcança sete (14 %) dessas empresas em termos de investimentos a ele destinados. As outras tecnologias são pouco ou não expressivas neste processo.

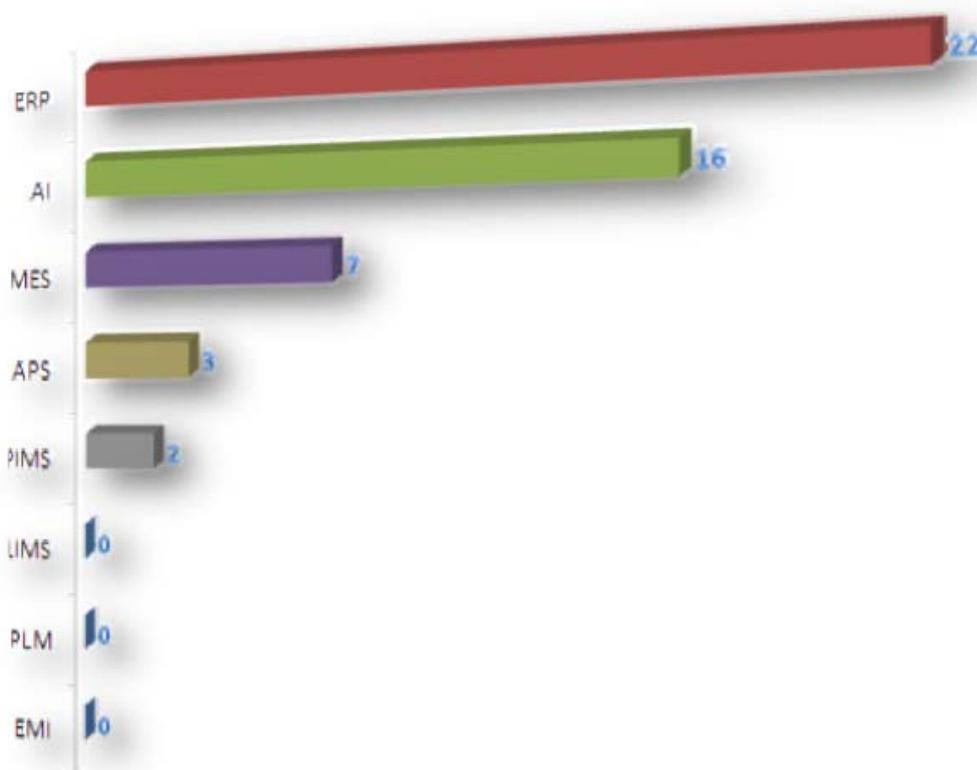


Figura 14 – Importância relativa do MES em relação às demais tecnologias em termos de investimentos.

Fonte: Autor

Os principais objetivos que motivam as empresas industriais na implantação do MES na ótica de 50 respondentes indicam como fator essencial o custo (25 – 50%), seguido da qualidade (12 – 24%). Em menor proporção foram citadas a flexibilidade (4 – 8%), a velocidade (4 – 8%), a inovação (2 – 4%) e a confiabilidade (1 – 2%), enquanto os demais não investem (2 – 4%) (Figura 15).

As perspectivas de contextualização do Ambiente de Negócios da Empresa e Visão da Empresa sobre o MES forneceram dados quantitativos sobre o assunto, indicativos do horizonte de tempo que os investimentos em MES estão sendo planejados por executivos de empresas de destaque no mercado nacional. Entretanto, estas perspectivas não fornecem indicadores que confirmam a percepção de vários profissionais de tecnologia do Mercado de que existe uma correlação entre a prioridade relativa do MES, em relação às demais tecnologias utilizadas na produção, com o ambiente tecnológico da empresa.

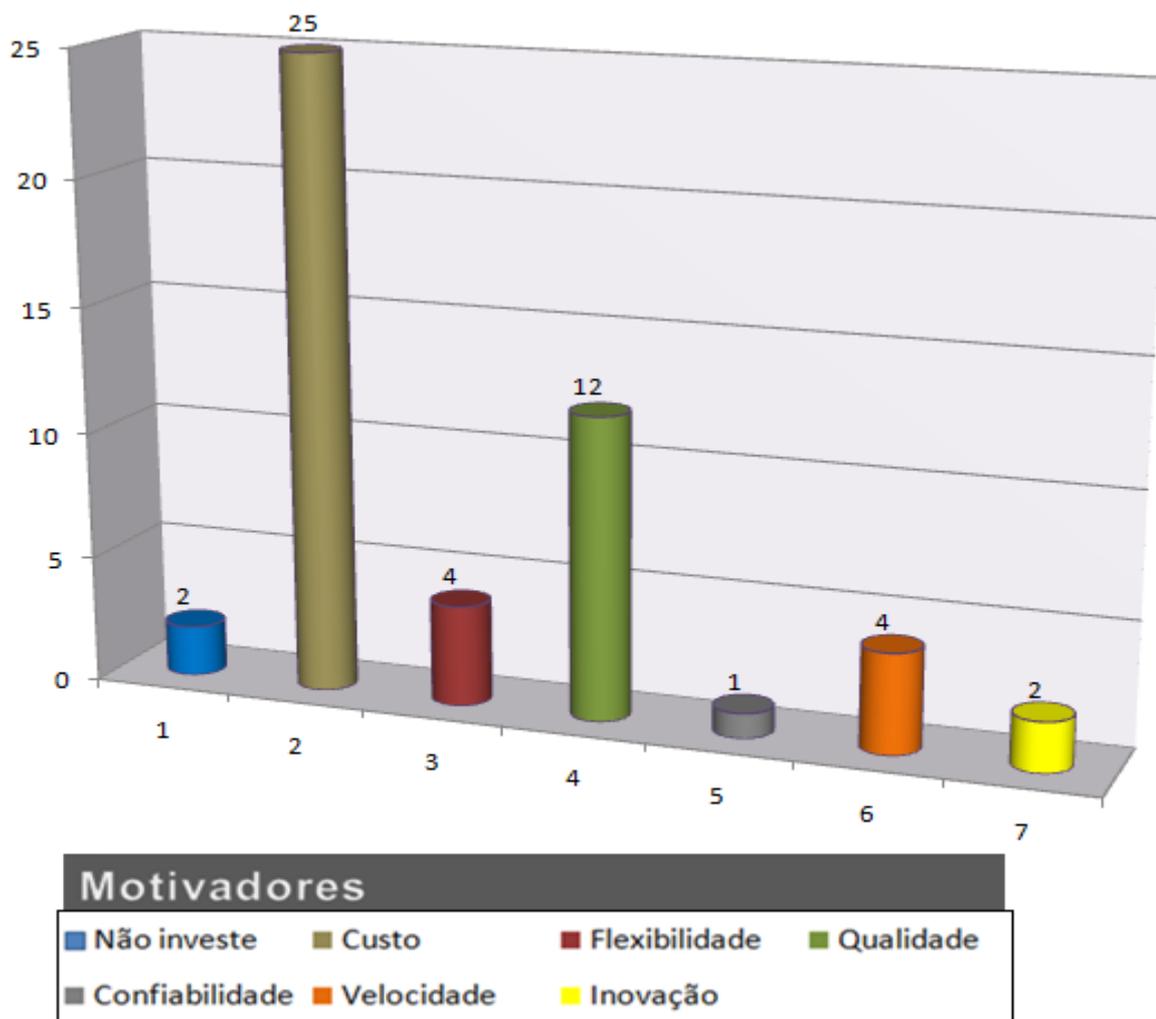


Figura 15 – Principais Motivadores para a Implantação do MES nas empresas industriais na visão dos respondentes.

Fonte: Autor

A fim de verificar se no universo de empresas pesquisadas existe correlação entre importância do MES e o Ambiente Tecnológico, os seguintes passos foram executados: a) construiu-se uma primeira visão com as empresas pesquisadas organizadas em grupos em função da prioridade atribuída ao MES; e b) foi construída uma segunda visão, procurando avaliar as correlações entre as empresas pesquisadas, combinada uma a uma com as variáveis ambientais. A verificação da existência desta correlação, entre a importância do MES e o Ambiente Tecnológico, representa um indício que colabora com a visão dos profissionais de que o MES é um caminho natural para aquelas empresas que possuem um Ambiente Tecnológico desenvolvido.

As variáveis qualitativas e categorias utilizadas na análise da correlação entre o nível de importância estabelecido para o MES (Import) com estado do ERP e da Automação Industrial estão relacionadas nas Tabelas 5A e 5B. Considerou-se que estas variáveis e as categorias associadas sejam capazes de identificar a visão dos profissionais na correspondência de um modelo das funcionalidades disponíveis na camada MES com indicadores estratégicos a serem atingidos neste processo.

Tabela 5A - Conjunto de variáveis qualitativas e categorias envolvidas na análise de correlação.

Código	Variável	Valores Assumidos
Import	Nível de importância atribuído para investimento nos próximos 2 anos	1- É o primeiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 2- É o segundo lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 3- É o terceiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 4- É o quarto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 5- É o quinto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 6- É o sexto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos 7- Não tem investimento dentro deste horizonte 8- Não investe nesse tipo de sistemas

Fonte: Autor

Tabela 5 B - Conjunto de variáveis qualitativas e categorias envolvidas na análise de correlação.

Código	Variável	Valores Assumidos
Nível AI	Nível de automação industrial	1- Não automatizado 2- Pouco automatizado 3- Razoavelmente automatizado 4- Bem automatizado 5- Totalmente automatizado
Nível ERP	Nível de ERP	1- Não implantado 2- Pouco implantado 3- Razoavelmente Implantado 4- Bem implantado 5- Totalmente implantado
Idade AI	Idade de automação industrial	1- Há menos de 1 ano 2- Há mais de 1 e menos de 3 anos 3- Há mais de 3 anos e menos de 5 anos 4- Há mais de 5 anos e menos de 7 anos 5- Há mais de 7 anos
Idade ERP	Idade de ERP	1- Há menos de 1 ano 2- Há mais de 1 e menos de 3 anos 3- Há mais de 3 anos e menos de 5 anos 4- Há mais de 5 anos e menos de 7 anos 5- Há mais de 7 anos

Fonte: Autor

Desta maneira, a primeira fase da análise foi à construção da Tabela 6 sobre a distribuição das empresas em função do estado da variável Import (importância relativa ao MES). Nesta tabela percebe-se que 24 (48%) das empresas classificam o MES entre o primeiro e o terceiro lugar em termos de importância relativa às outras tecnologias sugeridas e que dentre estas, sete empresas (14%) já o priorizam.

Tabela 6 - Distribuição das empresas em função do estado da variável Importância.

Conjunto de Empresas que assinalaram o estado	Valores Assumidos da Variável (Import)
2, 7, 8, 26, 27, 31 e 39	É o primeiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
3, 4, 5, 6, 15, 25, 32, 37 e 44	É o segundo lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
1, 9, 11, 14, 18, 23, 29 e 34	É o terceiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
16, 21, 41, 49 e 50	É o quarto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
30, 33, 42, 43	É o quinto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
12, 46 e 48	É o sexto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos
10, 20 e 35	Não investe nesse tipo de sistemas
13 e 24	Não tem investimento dentro deste horizonte

Fonte: Autor

A correlação entre as variáveis com múltiplas categorias foi endereçada pela utilização de ferramentas estatísticas para Análise de Correspondência (Anacor), com o objetivo de avaliar a combinação entre importância e cada uma das variáveis ambientais. Para suportar a aplicação dessas técnicas foi utilizado o software estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), que é aderente a necessidade dessa pesquisa, e cujo resultado é apresentado nas tabelas de sete a quatorze, que foram mantidos em inglês, tendo em vista tratarem-se de print screens das telas da ferramenta.

Fávero et al (2009) propõem um roteiro para aplicação da técnica que foi adaptado para o escopo deste trabalho. Esta verificação se inicia através da construção de uma Tabela de Cruzamento (Crosstabulation), primeira saída do SPSS, para as variáveis selecionadas. Esta tabela apresenta nas linhas as categorias possíveis para a importância do MES e nas colunas categorias possíveis para a variável ambiental em observação. Para cada correlação linha x coluna são apresentados três valores: count, expected count e residual. O count corresponde à frequência de empresas na intersecção, o expected count corresponde à frequência esperada na intersecção e o residual à diferença entre as duas frequências. Com base na Tabela de Cruzamento é executado o teste Qui-quadrado para confirmar existência de correlação. O teste Qui-quadrado busca a rejeição da hipótese de que não existe

interdependência entre as variáveis na correlação entre Importância e Nível AI. Consta-se que a Tabela de Cruzamento é o primeiro resultado de saída do processo de correlação no SPSS na análise entre Importância e Nível AI.

Pelos resultados da Tabela 7 pode-se notar que 21 (42%) das empresas, bem ou totalmente automatizadas, posicionam o MES entre primeiro, segundo ou terceiro lugar em termos de importância. Entretanto, existem também empresas que priorizam o MES sem estarem tão bem em automação, ou ainda empresas que são bem automatizadas e não o priorizam. Com este contraste em perspectiva realizou-se o Teste de Qui-quadrado, como proposto por Fávero et al (2009), para verificar a associação entre Importância do MES e o Nível de Automação Industrial, resultado apresentado na Tabela 7. Nesta tabela pode-se observar que o Asymp. Sig é igual a 0,284 (28,4%), que o teste foi executado com nível de Significância de 0,05 (5%) e com 28 graus de liberdade (DF – degrees of freedom). Como resultado do teste foi identificado que o Asymp. Sig (28,4%) é maior que a Significância (5%) utilizada no teste, o que não inviabiliza a hipótese de que não há associação entre as variáveis.

Tabela 7 – Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de Automação Industrial.

			NívelAI					Total
			não automatizado	pouco automatizado	razoavelmente automatizado	bem automatizado	completamente automatizado	
Import	primeiro lugar	Count	0	1	0	5	1	7
		Expected Count	,3	,3	,7	3,5	2,2	7,0
		Residual	-,3	,7	-,7	1,5	-1,2	
segundo lugar	Count	0	0	1	2	8	11	
	Expected Count	,4	,4	1,1	5,5	3,5	11,0	
	Residual	-,4	-,4	-,1	-3,5	4,5		
terceiro lugar	Count	1	0	1	8	3	13	
	Expected Count	,5	,5	1,3	6,5	4,2	13,0	
	Residual	,5	-,5	-,3	1,5	-1,2		
quarto lugar	Count	0	0	1	3	1	5	
	Expected Count	,2	,2	,5	2,5	1,6	5,0	
	Residual	-,2	-,2	,5	,5	-,6		
quinto lugar	Count	0	0	0	3	1	4	
	Expected Count	,2	,2	,4	2,0	1,3	4,0	
	Residual	-,2	-,2	-,4	1,0	-,3		
sexto lugar	Count	0	0	1	1	1	3	
	Expected Count	,1	,1	,3	1,5	1,0	3,0	
	Residual	-,1	-,1	,7	-,5	,0		
não investe	Count	0	0	1	1	1	3	
	Expected Count	,1	,1	,3	1,5	1,0	3,0	
	Residual	-,1	-,1	,7	-,5	,0		
não no horizonte	Count	1	1	0	2	0	4	
	Expected Count	,2	,2	,4	2,0	1,3	4,0	
	Residual	,8	,8	-,4	,0	-1,3		
Total	Count	2	2	5	25	16	50	
	Expected Count	2,0	2,0	5,0	25,0	16,0	50,0	

Fonte: Autor

Tabela 8 – Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de Automação Industrial.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	31,770 ^a	28	,284
Likelihood Ratio	29,709	28	,377
Linear-by-Linear Association	3,905	1	,048
N of Valid Cases	50		

a. 38 cells (95,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,12.

Fonte: Autor

Na correlação entre Importância do MES e Nível de ERP, a Tabela de Cruzamento é apresentada na Tabela 9. Observa-se cenário semelhante ao da relação entre Importância e Nível de Automação Industrial, ocorrendo uma concentração das empresas com ênfase no primeiro, segundo e terceiro lugar quanto à importância do MES com a variável ERP. Em igualdade de situação, essas empresas que têm o ERP bem ou razoavelmente implantado, não oferecem um agrupamento que torne evidente a correspondência entre esse nível e a importância atribuída ao MES. Com o Asymp. Sig. igual 0,186 (18,6%) ao nível de significância de 0,05 (5%) e 21 graus de liberdade (DF – degrees of freedom) como resultado do teste Qui-quadrado não é possível refutar a hipótese nula de não há associações entre as variáveis (Tabela 10).

No que diz respeito à correlação entre a variável Importância do MES e a Idade AI, a Tabela de Cruzamento, Tabela 11, apresenta a interação existente entre estas variáveis. Verifica-se nessa tabela a permanência de 21 (42 %) das empresas nos três primeiros lugares, considerada a importância do MES em empresas possuidoras de um ambiente de Automação Industrial possivelmente atualizado tecnologicamente. O Teste Qui-quadrado correspondente é apresentado na Tabela 12, não trazendo qualquer característica diferente das duas variáveis analisadas anteriormente. Assim, os resultados que decorrem da aplicação do Teste Qui-quadrado revelam dados que impedem negar a hipótese que vem sendo considerada.

Tabela 9 - Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de ERP.

Import * NivelERP Crosstabulation

			NivelERP				Total
			pouco implantado	razoavelment e implantado	bem implantado	completament e implantado	
Import	primeiro lugar	Count	0	4	0	3	7
		Expected Count	,4	2,1	2,8	1,7	7,0
		Residual	-,4	1,9	-2,8	1,3	
	segundo lugar	Count	1	1	4	5	11
		Expected Count	,7	3,3	4,4	2,6	11,0
		Residual	,3	-2,3	-,4	2,4	
	terceiro lugar	Count	0	3	8	2	13
		Expected Count	,8	3,9	5,2	3,1	13,0
		Residual	-,8	-,9	2,8	-1,1	
	quarto lugar	Count	1	0	3	1	5
		Expected Count	,3	1,5	2,0	1,2	5,0
		Residual	,7	-1,5	1,0	-,2	
	quinto lugar	Count	0	2	2	0	4
		Expected Count	,2	1,2	1,6	1,0	4,0
		Residual	-,2	,8	,4	-1,0	
	sexto lugar	Count	0	1	2	0	3
		Expected Count	,2	,9	1,2	,7	3,0
		Residual	-,2	,1	,8	-,7	
	não investe	Count	0	2	1	0	3
		Expected Count	,2	,9	1,2	,7	3,0
		Residual	-,2	1,1	-,2	-,7	
	não no horizonte	Count	1	2	0	1	4
		Expected Count	,2	1,2	1,6	1,0	4,0
		Residual	,8	,8	-1,6	,0	
Total	Count	3	15	20	12	50	
	Expected Count	3,0	15,0	20,0	12,0	50,0	

Fonte: Autor

Tabela 10 - Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Nível de ERP.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	26,562 ^a	21	,186
Likelihood Ratio	33,715	21	,039
Linear-by-Linear Association	3,993	1	,046
N of Valid Cases	50		

a. 31 cells (96,9%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,18.

Fonte: Autor

Tabela 11 - Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade AI.

Import * IdadeAI Crosstabulation

			IdadeAI				Total	
			há menos de 1 ano	há mais de 1 e menos de 3 anos	há mais de 3 anos e menos de 5 anos	bem implantado		há mais de 7 anos
Import	primeiro lugar	Count	3	1	0	1	2	7
		Expected Count	1,4	2,7	,6	1,3	1,1	7,0
		Residual	1,6	-1,7	-,6	-,3	,9	
	segundo lugar	Count	1	4	1	2	3	11
		Expected Count	2,2	4,2	,9	2,0	1,8	11,0
		Residual	-1,2	-,2	,1	,0	1,2	
	terceiro lugar	Count	0	7	3	1	2	13
		Expected Count	2,6	4,9	1,0	2,3	2,1	13,0
		Residual	-2,6	2,1	2,0	-1,3	-,1	
	quarto lugar	Count	2	1	0	2	0	5
		Expected Count	1,0	1,9	,4	,9	,8	5,0
		Residual	1,0	-,9	-,4	1,1	-,8	
	quinto lugar	Count	2	0	0	1	1	4
		Expected Count	,8	1,5	,3	,7	,6	4,0
		Residual	1,2	-1,5	-,3	,3	,4	
	sexto lugar	Count	0	3	0	0	0	3
		Expected Count	,6	1,1	,2	,5	,5	3,0
		Residual	-,6	1,9	-,2	-,5	-,5	
	não investe	Count	2	1	0	0	0	3
		Expected Count	,6	1,1	,2	,5	,5	3,0
		Residual	1,4	-,1	-,2	-,5	-,5	
	não no horizonte	Count	0	2	0	2	0	4
		Expected Count	,8	1,5	,3	,7	,6	4,0
		Residual	-,8	,5	-,3	1,3	-,6	
Total		Count	10	19	4	9	8	50
		Expected Count	10,0	19,0	4,0	9,0	8,0	50,0

Fonte: Autor

Tabela 12 - Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade AI.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	35,193 ^a	28	,164
Likelihood Ratio	40,860	28	,055
Linear-by-Linear Association	1,333	1	,248
N of Valid Cases	50		

a. 40 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,24.

Fonte: Autor

Em se tratando da correlação entre a variável Importância do MES e a Idade ERP a Tabela de Cruzamento não se altera a frequência das empresas que possuem um ambiente de ERP, também, possivelmente atualizado tecnologicamente (Tabela 13). O teste Qui-quadrado, quando aplicado aos resultados expostos nessa tabela, mantém o mesmo significado obtido até agora: o Asymp. Sig obtido é 0,368(36,8%) maior que 0,05(5%) não negando a hipótese (Tabela 14).

Tabela 13 - Correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade ERP.

			Import * IdadeERP Crosstabulation					Total
			IdadeERP	há menos de 1 ano	há mais de 1 e menos de 3 anos	há mais de 3 anos e menos de 5 anos	bem implantado	
Import	primeiro lugar	Count	1	4	1	0	1	7
		Expected Count	1,1	2,4	,6	1,4	1,5	7,0
		Residual	-,1	1,6	,4	-1,4	-,5	
	segundo lugar	Count	3	2	0	3	3	11
		Expected Count	1,8	3,7	,9	2,2	2,4	11,0
		Residual	1,2	-1,7	-,9	,8	,6	
	terceiro lugar	Count	1	3	1	2	6	13
		Expected Count	2,1	4,4	1,0	2,6	2,9	13,0
		Residual	-1,1	-1,4	,0	-,6	3,1	
	quarto lugar	Count	1	2	0	2	0	5
		Expected Count	,8	1,7	,4	1,0	1,1	5,0
		Residual	,2	,3	-,4	1,0	-1,1	
	quinto lugar	Count	0	1	1	2	0	4
		Expected Count	,6	1,4	,3	,8	,9	4,0
		Residual	-,6	-,4	,7	1,2	-,9	
	sexto lugar	Count	0	2	0	1	0	3
		Expected Count	,5	1,0	,2	,6	,7	3,0
		Residual	-,5	1,0	-,2	,4	-,7	
	não investe	Count	0	2	1	0	0	3
		Expected Count	,5	1,0	,2	,6	,7	3,0
		Residual	-,5	1,0	,8	-,6	-,7	
	não no horizonte	Count	2	1	0	0	1	4
		Expected Count	,6	1,4	,3	,8	,9	4,0
		Residual	1,4	-,4	-,3	-,8	,1	
Total	Count	8	17	4	10	11	50	
	Expected Count	8,0	17,0	4,0	10,0	11,0	50,0	

Fonte: Autor

Tabela 14 - Teste do Qui-quadrado na correlação das variáveis Nível de Importância do MES e Idade ERP.

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	29,909 ^a	28	,368
Likelihood Ratio	34,702	28	,179
Linear-by-Linear Association	,740	1	,390
N of Valid Cases	50		

a. 40 cells (100,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,24.

Fonte: Autor

Em suma, o resultado desta análise de correspondência feita duas a duas com a importância do MES e cada variável ambiental não forneceu indícios para identificar uma correlação com a importância de cada variável ambiental individualmente. Esta falta de correlação não corrobora a visão de que implantar a camada MES é o caminho natural em termos de investimentos para aquelas empresas que possuem um ambiente adequado, possível ainda se questionar se o ambiente seria um pré-requisito, uma vez que também foram

relacionadas empresas que priorizaram o MES, apesar de não possuir condições estruturais esperadas para tanto. O resultado obtido corrobora com a visão da ISA(2005) de que a utilização de ferramentas de software e hardware para execução das funcionalidades de domínio do nível 3, está relacionada principalmente ao processo produtivo (Contínuo, Batelada e Discreto) e ao método de controle e planejamento de produção (Produção Para Estoque, Produção Contra Ordem e Produção Sobre Encomenda). Exemplos de cenários possíveis onde o MES pode ser priorizado, mesmo não existindo uma arquitetura de ERP ou de AI abrangente, são as industriais de aviação e farmacêutica. Na indústria de aviação o uso de mão de obra é intensivo, especialmente na montagem, e mesmo sem um alto nível de automação, o MES pode ser definido como uma ferramenta prioritária com o objetivo de controlar a execução das etapas no processo produtivo. Na indústria farmacêutica, por sua vez, num cenário onde o ERP não seja abrangente, não oferecendo muito mais do que as funções financeiras e contábeis básicas, o MES também pode ser priorizado dado o alto grau de regulamentação da indústria, e correspondentes necessidades de registro das informações de processo para construção da rastreabilidade e genealogia.

As três perspectivas construídas com a pesquisa de campo fornecem o contexto em que ocorreu o desenvolvimento do modelo de alinhamento proposto neste estudo.

3.3. Proposta de modelo de alinhamento do MES

Para estruturação do modelo de alinhamento, as variáveis consideradas foram: obter como saída do modelo a definição de quais funcionalidades MES são recomendadas para uma avaliação de retorno sobre investimento, que fosse utilizada alguma das propostas funcionais reconhecidas para a camada, que pudesse ter seus resultados comprovados numericamente, que preservasse a integridade da Governança Corporativa, e que fosse baseado em ferramentas de domínio das áreas de conhecimento nas quais esse trabalho está suportado.

Na literatura analisada foram identificados quatro grupos de proposta de alinhamento (Figura-16). O primeiro grupo com foco no diagnóstico do papel assumido pela TI na organização, o segundo com objetivo de definir qual deveria ser o papel da TI, o terceiro com objetivo de definir o que a TI deveria entregar como produto de sua atuação e o quarto que é uma combinação dos demais. Como primeiro passo na construção do modelo foi selecionada a proposta de Rockart (1979), pertencente ao grupo com foco na ação como plataforma, tendo

em vista o foco na construção de uma ferramenta capaz de definir as funcionalidades necessárias do MES, e sua comprovada aplicabilidade para este fim. A adoção da proposta de Rockart implicou na incorporação das etapas da ferramenta do autor como estrutura para o modelo proposto. No segundo passo da construção do modelo o objetivo é a Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso. Para isso foi utilizada como ferramenta a Matriz Desempenho X Importância de Slack (2002), restringindo os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) aos objetivos de desempenhos, apresentados por Paiva, Carvalho e Fensterseifer (2004). No terceiro passo para a definição dos indicadores relacionados aos FCS, foram utilizadas simples estruturas hierárquicas para relacionar os objetivos com os indicadores operacionais, fontes de dados, e indicadores financeiros e planilhas eletrônicas. Por último no quarto passo foi adotado o modelo corrente da MESA como conjunto de total de funcionalidades possíveis de serem recomendadas e priorizadas.

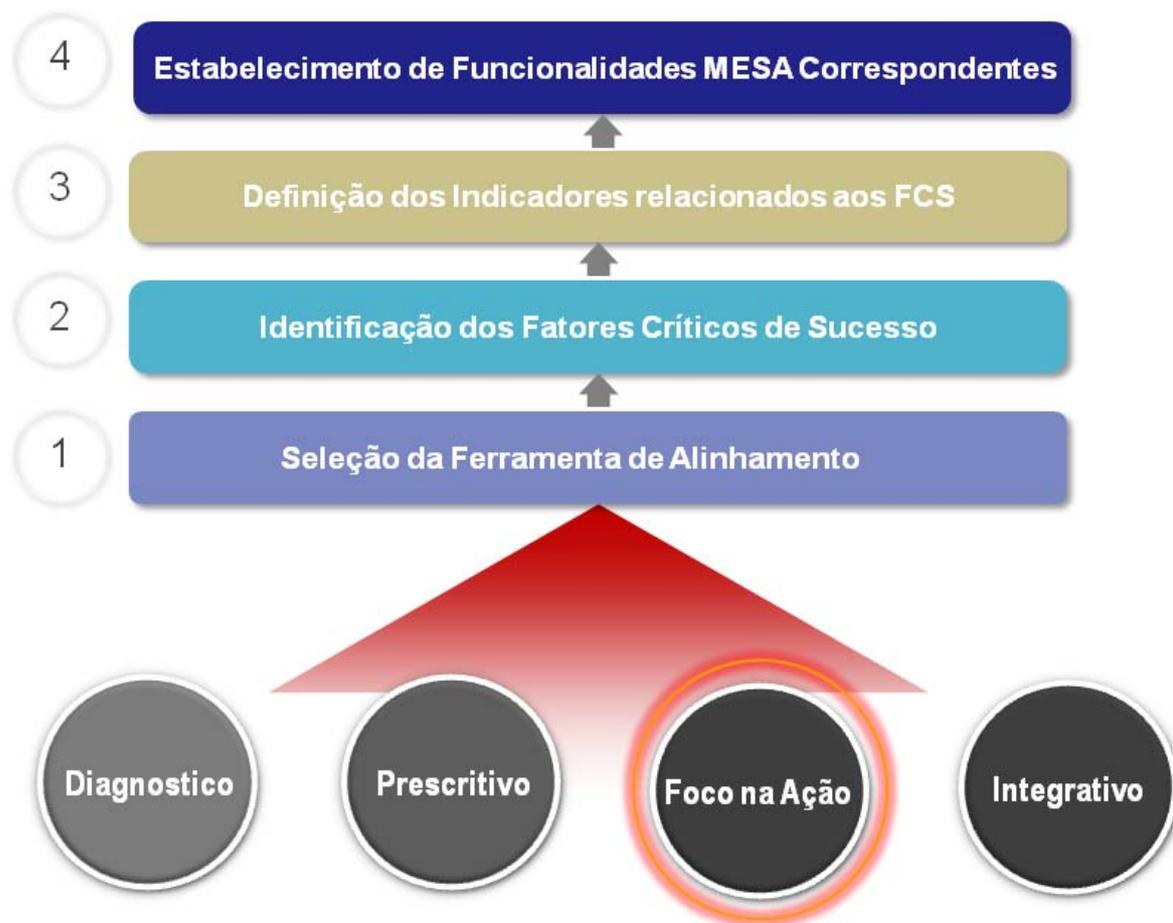


Figura 16 – Construção do Modelo de Alinhamento para o MES.
Fonte: Autor

O modelo proposto herda de Rockart as três etapas: definição dos fatores críticos, identificação dos indicadores associados e definição das funcionalidades MES correspondentes. Estas etapas são desdobradas em 16 passos, descrevendo a aplicação do modelo. A aplicação do modelo tem como pressupostos a tomada de consciência da organização sobre a importância do tema (Figura 17) e a formação de um time multidisciplinar compostos, por profissionais pertencentes das áreas de produção, planejamento, qualidade, engenharia e controladoria.

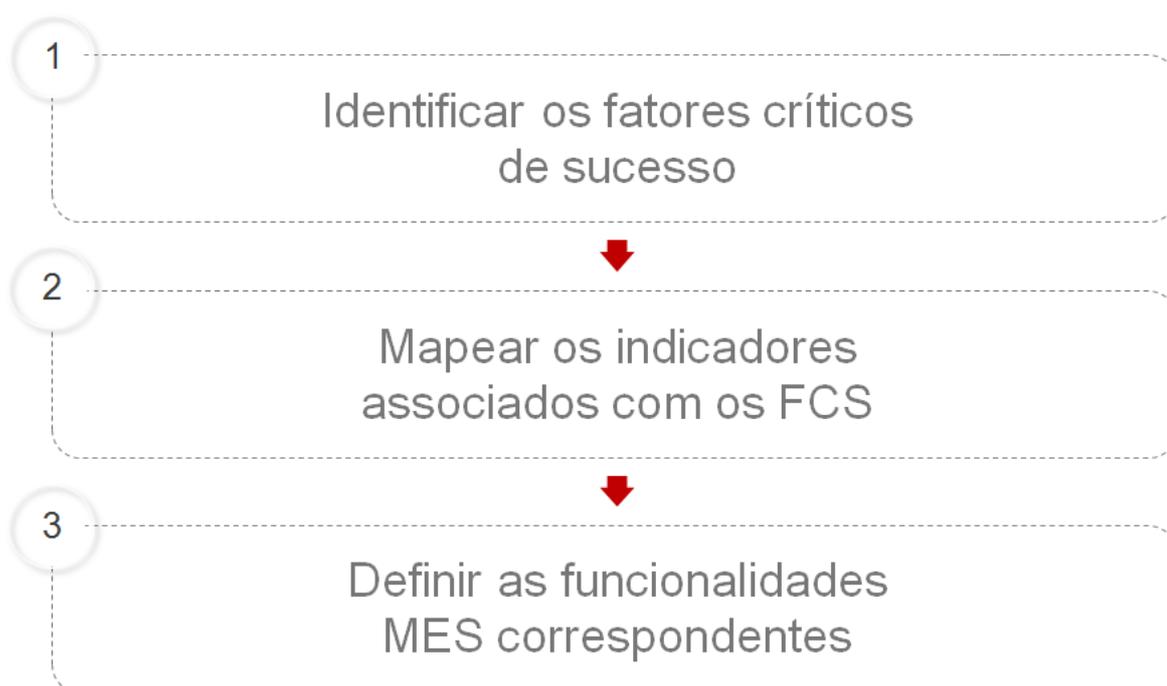


Figura 17 – Etapas do Modelo de Alinhamento.

Fonte: Autor

A primeira etapa do modelo é desdobrada em seis passos (Figura-18) que são:

- Primeiro passo - é entendida a estratégia da empresa e horizonte de planejamento;
- Segundo passo - são relacionados os concorrentes da empresa;
- Terceiro passo - é construída a Matriz Desempenho X Importância correspondente ao estado atual da empresa;
- Quarto passo - são relacionados os projetos no horizonte da estratégia.
- Quinto passo - é revisada a Matriz Desempenho X Importância considerando as mudanças decorrentes da execução dos projetos relacionados;

- Sexto passo - são eleitos os objetivos de desempenho posicionados abaixo da linha de desempenho mínimo da Matriz Desempenho X Importância como Fatores Críticos de Sucesso.

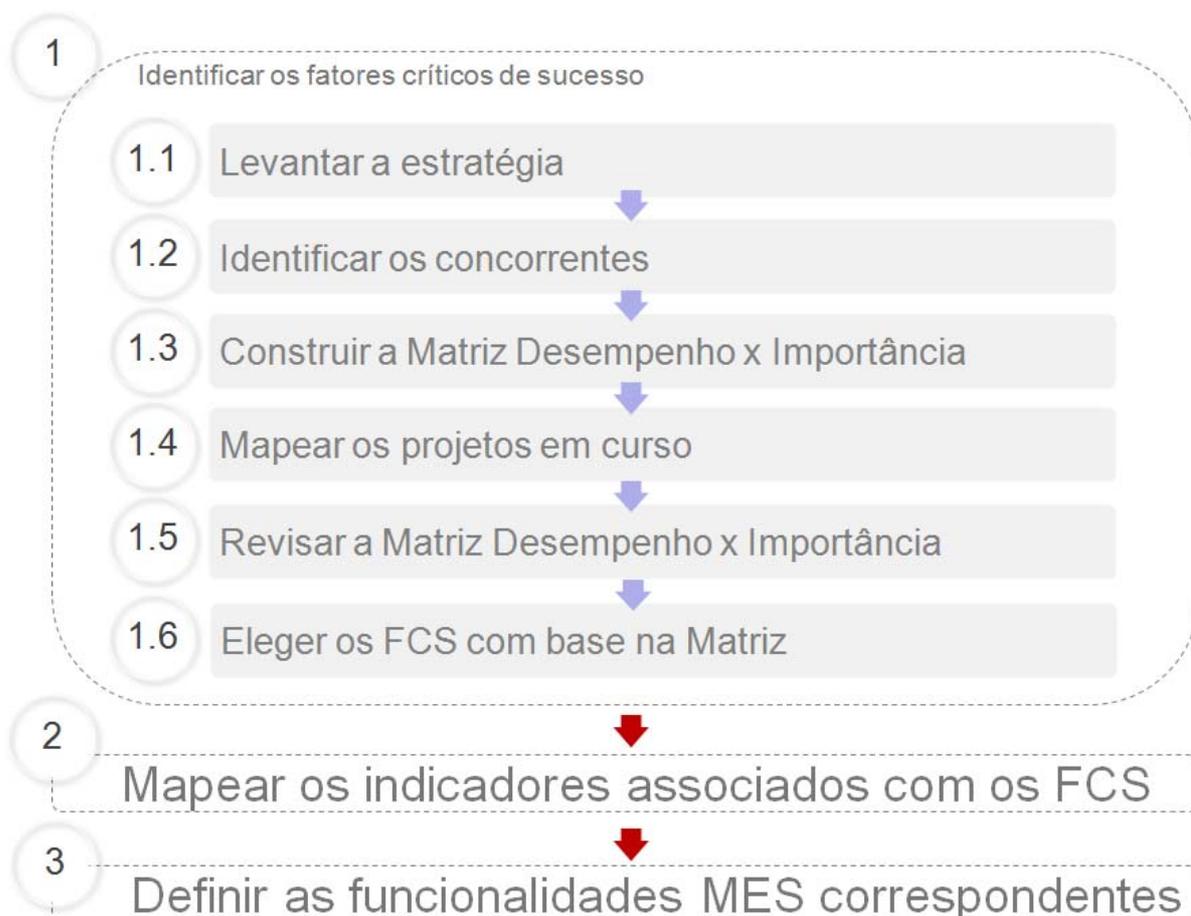


Figura 18 – Passos da Primeira Etapa do Modelo.

Fonte: Autor

A segunda etapa do modelo, também, é desdobrada em seis passos (Figura-19) que são:

- Primeiro passo - são estabelecidas, em conjunto com os gestores, duas taxonomias, uma para qualificar o nível de informação obtido, relacionado aos indicadores, e outra para qualificar a causa raiz correspondente ao nível de informação. Além das taxonomias é definida, também, uma escala para classificar o nível de dependência de sistemas como solução para corrigir os problemas com informação;
- Segundo passo - são relacionados os indicadores operacionais utilizados pela empresa, meta, valor corrente e algoritmos associados;

- Terceiro passo - Com base na lista de indicadores é estabelecida a correspondência com os objetivos de desempenho (Figura-20). Para a construção dessa correspondência é utilizada uma estrutura hierárquica com cinco níveis, seguindo a proposta da ISA (2000). A construção da correlação é feita de baixo para cima, começando a partir dos objetivos de desempenho. Para cada Objetivo de Desempenho, no Nível 3, é traçada a relação com indicadores operacionais levantados, em comum acordo com os gestores. No Nível 2,1 e 0 é indicada a linha ou processo utilizada como fonte de dados, bem como, a variável de controle no processo, utilizando para isso o algoritmo definido para o cálculo do indicador operacional. Uma vez construída a correlação com os indicadores operacionais, são selecionados pelos gestores, os indicadores mais significativos, ligados aos Objetivos de Desempenho eleitos como FCS. A estrutura construída deve então ser submetida à Controladoria, buscando verificar se as escolhas feitas na operação resultarão em eventos contábeis, que analisados através dos indicadores financeiros, indicam que o objetivo financeiro (crescimento, lucratividade, rotatividade e liquidez) da estratégia da companhia será preservado, mantendo a integridade da Governança Corporativa;
- Quarto passo – para cada indicador operacional é definido em conjunto com os gestores se a informação é uma barreira, utilizando a taxonomia previamente definida para qualidade da informação;
- Quinto passo – para cada indicador operacional onde foi identificado que a informação é uma barreira, é definido, novamente, em conjunto com os gestores se a causa raiz para as barreiras de informação identificadas é o suporte em termos de ferramentas sistêmicas;
- Sexto passo – é atribuído pelos gestores um grau de dependência de uma melhor arquitetura de sistemas para melhorar o valor corrente do indicador, utilizando a classificação previamente estabelecida.



Figura 19 – Passos da Segunda Etapa do Modelo.
Fonte: Autor

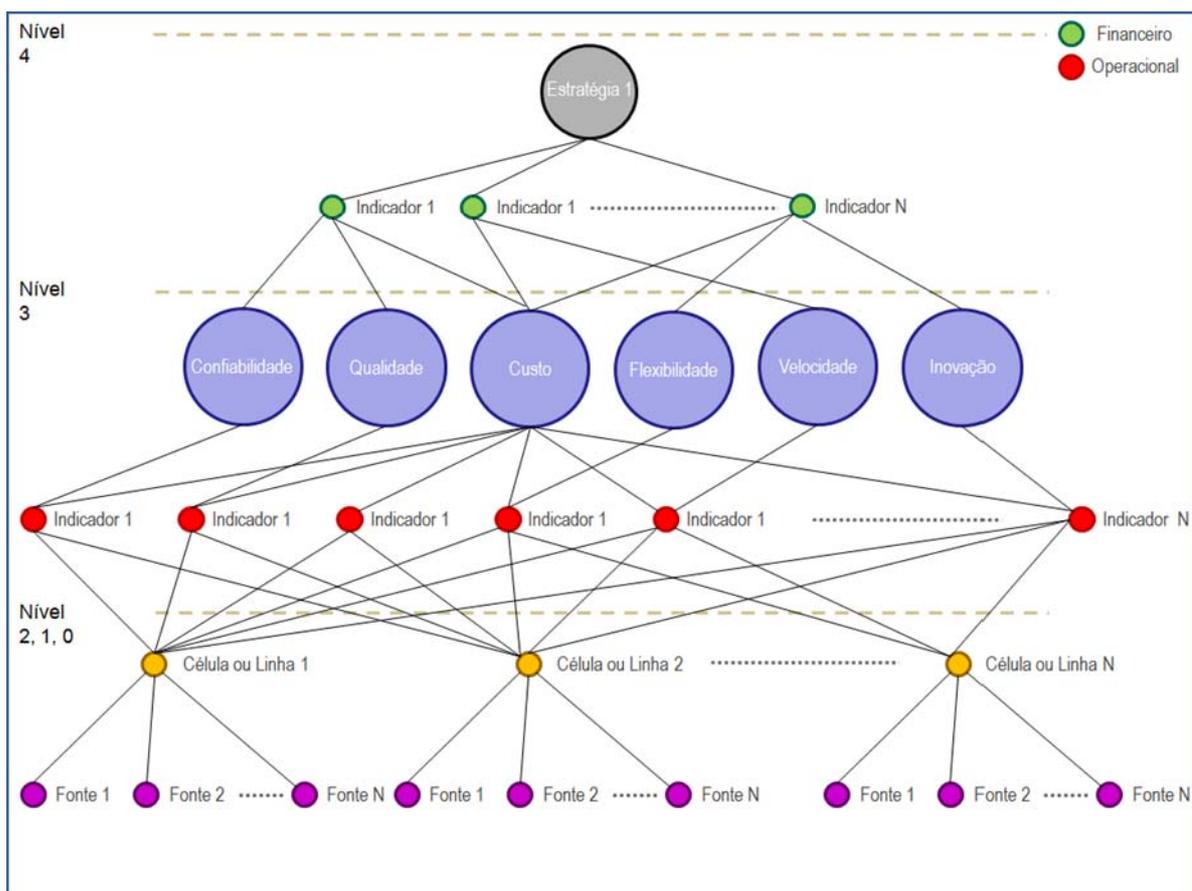


Figura 20 – Correlação Indicadores Objetivos de Desempenho.

Fonte: Autor

A terceira etapa do modelo, também, é desdobrada em quatro passos (Figura-21) que são:

- Primeiro passo – projetar valores otimista, pessimista e ponderado, em conjunto com os gestores, para cada indicador considerando que as barreiras de sistemas fossem eliminadas;
- Segundo passo – apresentar para os gestores cada uma das funcionalidades previstas pela MESA, utilizando material disponível pela organização;
- Terceiro passo – identificar junto com os gestores, dentro do conjunto das funcionalidades propostas pela MESA, as necessárias para eliminação das barreiras de informação e viabilizar o alcance ao cenário ponderado projetado para o indicador;
- Quarto passo – recomendar as funcionalidades correspondentes a indicadores, para os quais foram projetados avanços, decorrentes de eliminação das barreiras de informação, e que estiverem associados com os FCS para análises de retorno sobre investimento;

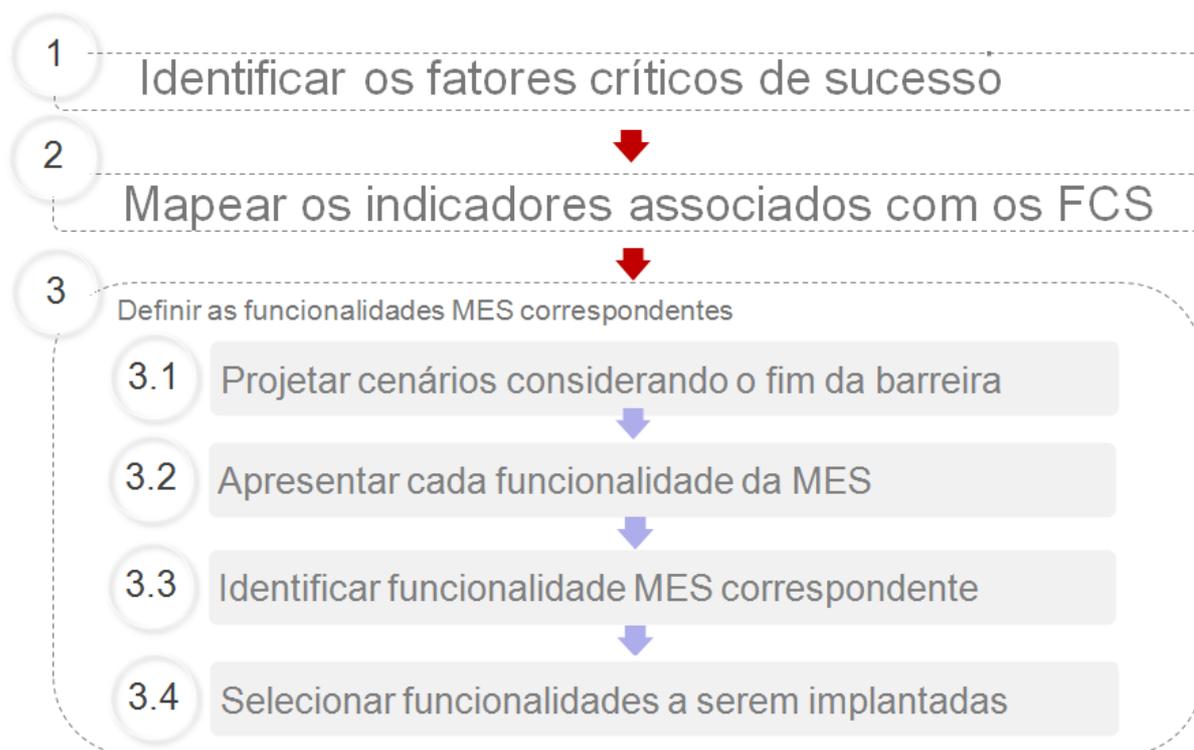


Figura 21 – Passos da Terceira Etapa do Modelo.

Fonte: Autor

4. ESTUDO DE CASO

O Estudo de Caso na Empresa Alimentícia teve por objetivo ilustrar o mecanismo proposto, a utilização empírica deste não tem por objetivo ser uma prova formal estatística, mas sim apenas uma ilustração do método proposto. A empresa escolhida é líder em todos os segmentos em que atua mundialmente e possui uma operação com uma linha de centenas de produtos.

4.1 Metodologia para o Estudo de Caso

Na segunda etapa da pesquisa, a análise do modelo proposto de alinhamento do MES, foi realizada em uma única empresa, dentre as inicialmente escolhidas, por apresentar um cronograma de atividades ligadas ao planejamento de implantação de uma solução, tornando viável a aplicação imediata desse modelo. Os profissionais envolvidos no processo foram os gestores de Produção, Planejamento, Qualidade, Engenharia, Manutenção, TI e Controladoria. A viabilidade de uso do modelo foi observada com o uso de um workshop, por permitir que, além do diálogo entre os participantes, fossem estabelecidos direcionamentos e executadas demonstrações do que estava sendo discutido. Optou-se pelo seu desenvolvimento nas instalações do cliente, com carga horária definida e conteúdo planejado, pelas necessidades específicas do cliente e disponibilidade de agenda dos gestores. Os dados coletados foram expostos de forma a manter o anonimato dos sujeitos de pesquisa e do campo de estudo e, conseqüente garantia de sigilo das pessoas e da empresa investigada.

O trabalho na empresa foi iniciado com uma reunião de abertura, executada com a presença dos gestores envolvidos com objetivo de esclarecê-los sobre a importância da Governança de TI e sua abrangência. Em continuidade, o modelo foi aplicado obedecendo às fases e etapas propostas. Utilizou-se um roteiro pré-estabelecido na condução dos trabalhos (APÊNDICE B).

4.2 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso

Na primeira etapa de aplicação do modelo os seguintes resultados foram obtidos:

- Levantar a estratégia - os gestores quando questionados sobre a estratégia disseram que a estratégia da empresa era aumentar o faturamento em 70% em um horizonte de cinco anos, mantendo-se líder de mercado;
- Identificar a concorrência - com relação à concorrência existem, para os gestores, dois principais concorrentes diretos com a quais dividem este mercado;
- Construir a Matriz Desempenho X Importância – para viabilizar a construção da Matriz, o autor da presente pesquisa apresentou as condições para mapear os objetivos de desempenho críticos para a Produção, os conceitos associados a cada objetivo, bem como, a matriz Desempenho X Importância, seguida de uma solicitação para os gestores de caracterizar o posicionamento dos objetivos na matriz, com base na situação atual, tendo como resultado a matriz constante na Figura 21, onde Velocidade e Inovação estão nas áreas de melhoria e Flexibilidade e Custo na zona de ação urgente.
- Mapear os projetos em curso - em continuidade, considerou-se que tendo em vista o caráter dinâmico de todas as organizações, foram relacionados os principais projetos em curso ou planejados dentro do horizonte da estratégia de cinco anos;
- Validar a Matriz Desempenho X Importância - diante do plano de investimentos na Produção, foi solicitado que a matriz Desempenho x Importância fosse reavaliada, obtendo-se os resultados revelados na Figura 22, onde Flexibilidade passa para uma área que ainda requer mudança e Velocidade migra para zona adequada, mantendo apenas Custo de dentro da área que requer ação urgente;
- Eleger os FCS - A partir dos resultados expostos na Figura 22, os gestores concluíram que sendo o Custo à única das variáveis analisadas posicionada na zona que demanda ação urgente, esta deveria ser o principal objetivo a ser perseguido pela Produção, ou seja, o FCS.

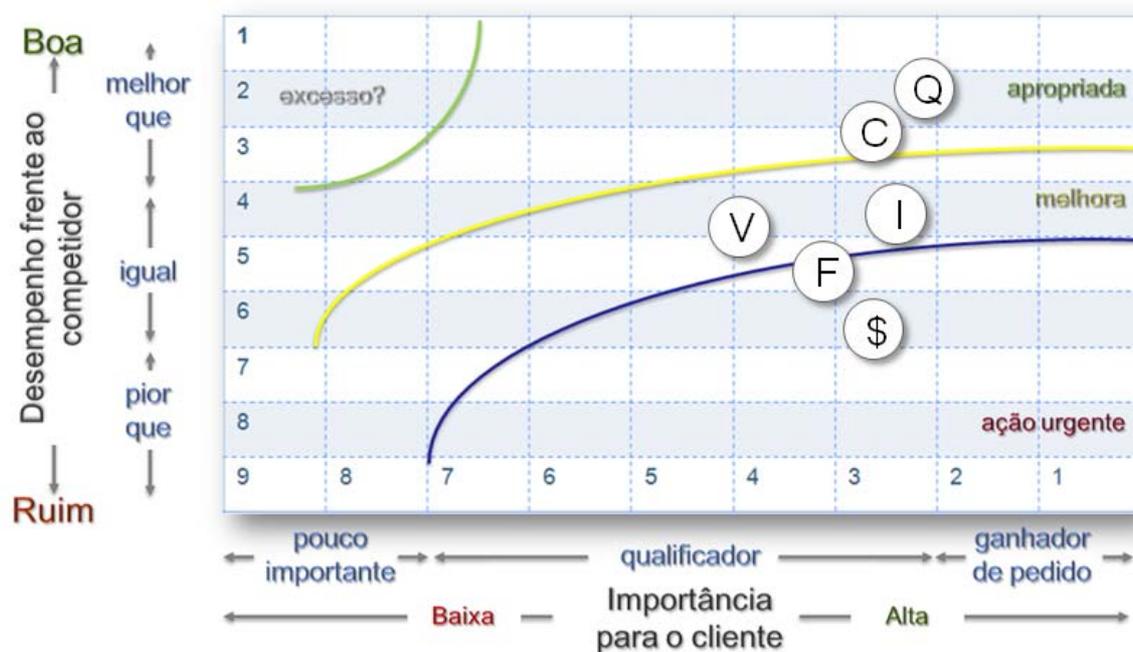


Figura 22 – Matriz Desempenho X Importância no status atual da empresa.
Fonte: Gestores da empresa analisada

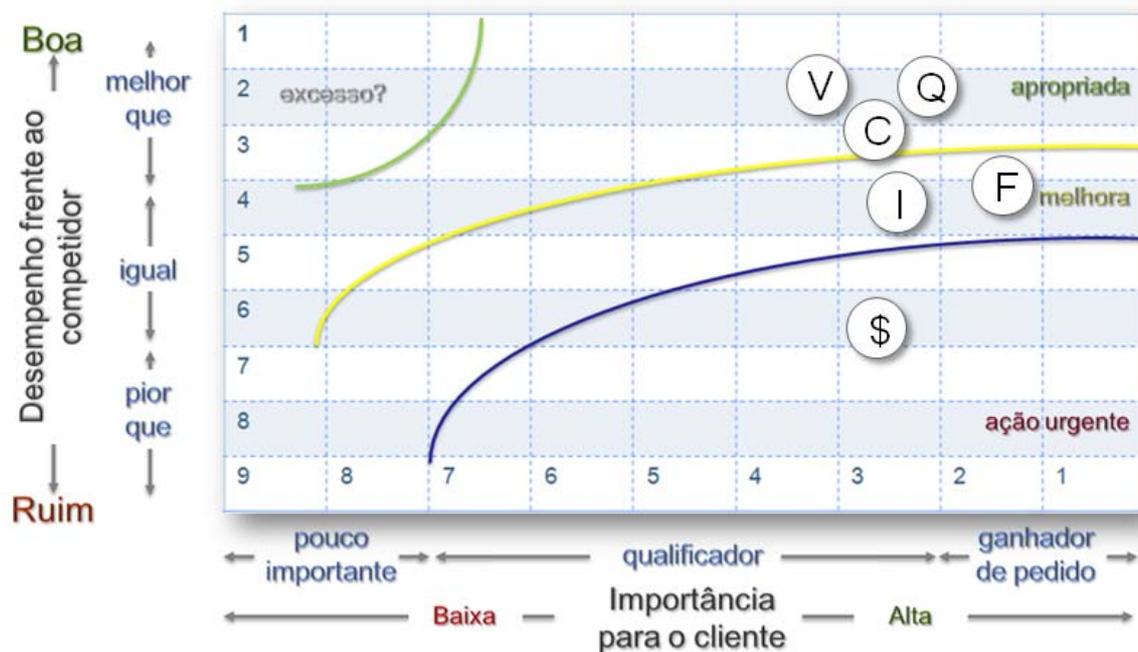


Figura 23 – Matriz Desempenho X Importância no status ajustado para projetos em curso na empresa.
Fonte: Gestores da empresa analisada

4.3 Mapear os Indicadores associados com os Fatores Críticos de Sucesso

Uma vez tendo sido estabelecido que o Custo é o FCS, os seguintes resultados foram obtidos com a execução dos passos da segunda etapa do modelo:

- Definir as Taxonomias e Escalas para análise – Para estabelecer uma comunicação uniforme entre os participantes, foram criadas duas taxonomias e uma classificação (Figura 23), em acordo com os gestores. A primeira taxonomia teve por objetivo qualificar se as informações correspondentes aos indicadores poderiam ser entendidas como uma barreira ou não, para os gestores atuarem no processo e maximizar o desempenho dos indicadores. A segunda taxonomia teve por objetivo qualificar a causa raiz associada ao nível de informação disponível, visando confirmar se os problemas decorrentes relacionados à informação possuem origem na plataforma de sistemas disponível. A classificação, por sua vez, focou em evidenciar o grau de dependência para se eliminar a barreira de informação com a utilização de sistemas.
- Mapear indicadores, Meta, Valor Atual e Algoritmos – Em continuidade, foram relacionados com os gestores os Indicadores Operacionais utilizados, a meta estabelecida para cada indicador, o valor atual e o algoritmo correspondente (Tabela - 15) .
- Estabelecer Cruzamento FCS e Indicadores – Com base na lista de indicadores operacionais relacionados e algoritmos associados foram representados graficamente pelos gestores a relação entre os indicadores e os objetivos de desempenho (Figura -24). O critério adotado na representação foi utilização de linhas verdes para representar uma relação direta entre indicadores e objetivo e linhas pontilhadas significando um impacto secundário da melhora de desempenho do indicador no objetivo de desempenho. Foram representados todos os indicadores e objetivos para mitigar a possibilidade de não observar qualquer relação significativa. Com base nos algoritmos associados a cada indicador foram localizadas na linha as variáveis a serem utilizadas como fonte de dados. Com base na representação hierárquica construída, a Eficiência Global, foi definida pelos gestores da empresa como a capacidade da planta de produzir na quantidade, no prazo e qualidade planejados. Esta foi selecionada como a métrica principal a ser perseguida para reduzir o custo (Figura-25). Tal métrica é calculada com base nos indicadores de desempenho, disponibilidade e rendimento. A priorização desses indicadores foi representada em vermelho na representação hierárquica. Uma vez estabelecidas as correlações entre Objetivos, Indicadores Operacionais, Linha e Variáveis de Processo a representação foi submetida à controladoria para validação, contra o plano de

contas da empresa. A Controladoria validou que a melhora na eficiência global teria impacto nos custos operacionais, contribuiria com o objetivo financeiro de aumento de lucratividade que poderia ser medido através do retorno sobre ativos (Figura 26).

- Verificar se a informação é uma barreira – Para os gestores a acuracidade de informação é uma barreira que os impede de reagir a variabilidades de processo o que compromete a melhora no valor atual do indicador.
- Verificar se a causa raiz é sistemas – Os gestores acreditam que a melhora dos indicadores não pode ser obtida através de treinamento, aumento de mão de obra destinada a esse fim ou revisão do método de coleta manual, sendo necessária a adoção de sistemas para tal propósito.
- Atribuir grau de dependência entre sistemas e indicador – Para os gestores a relação entre adoção de sistemas melhora o valor atual do indicador, utilizando a classificação anteriormente criada.

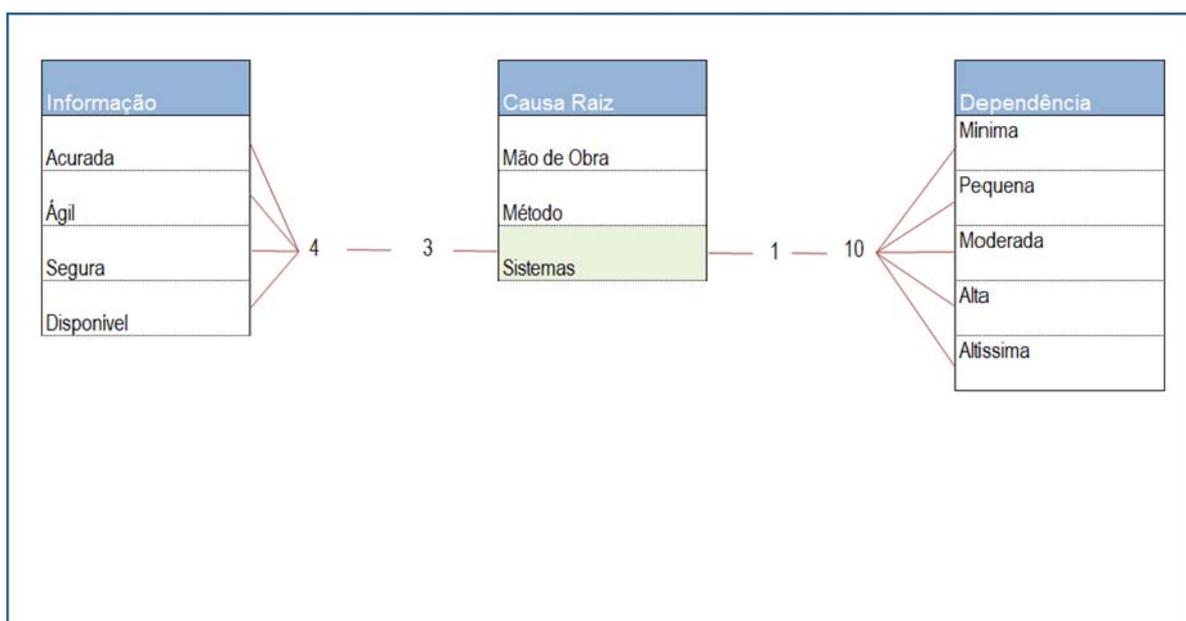


Figura 24 – Taxonomia e Classificação.

Fonte: Gestores da empresa analisada

Tabela 15 – Matriz de Análise de Indicadores estado atual.

Indicador	Meta	Valor Atual	Algoritmo	Objetivo	Informação é uma Barreira?	Causa Raiz	Dependencia	Projeção			Funcionalidade
								Otimista	Pessimista	Ponderada	
Disponibilidade dos Equipamentos (Availability)	92%	90%	$\frac{\text{Tempo Disponível} - \text{Parado}}{\text{Tempo Disponível}}$	Custo Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Desempenho dos Equipamentos (Performance)	87%	86%	$\frac{\text{Qtd. Produzida}}{\text{Qtd. Por Ciclo} \times \text{Tempo Produtivo}}$	Custo Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Rendimento (Yield)	95%	94%	$\frac{\text{Qtd. Produzida} - \text{Refugada}}{\text{Qtd. Produzida}}$	Custo Qualidade	Acurada	Sistemas	Alta				
CPK	1,33	1,00	$\frac{\text{LSE} - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\bar{X} - \text{LIE}}{3\hat{\sigma}}$	Qualidade Custo	Acurada	Sistemas	Alta				
Tempo médio em minutos para trocas (Set-up Time)	45	60	$\frac{\sum \text{tempo de Setup}}{\sum \text{frequência de Trocas}}$	Flexibilidade Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Novos produtos lançados (New Product Introduction)	30	30	$\frac{\sum \text{Novos Produtos}}{\sum \text{Pedidos}}$	Inovação Flexibilidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Pedidos entregues no prazo (on Time)	92%	86%	$\frac{\sum \text{pedidos no Prazo}}{\sum \text{Pedidos}}$	Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Pedidos completamente atendidos (in Fill)	78%	76%	$\frac{\sum \text{pedidos Completos}}{\sum \text{Pedidos}}$	Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Dias de Estoque (Day of Stock - DOS)	-52	48	$\frac{\text{Estoque Material em Processo}}{\text{Consumo Diário}}$	Custo Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta				
Tempo de Aproveitamento dias (Lead Time)	4	4	$\text{Dt Fim Prod.} - \text{Dt. Início Prod.}$	Velocidade Custo	Acurada	Sistemas	Alta				

Fonte: Gestores da empresa analisada

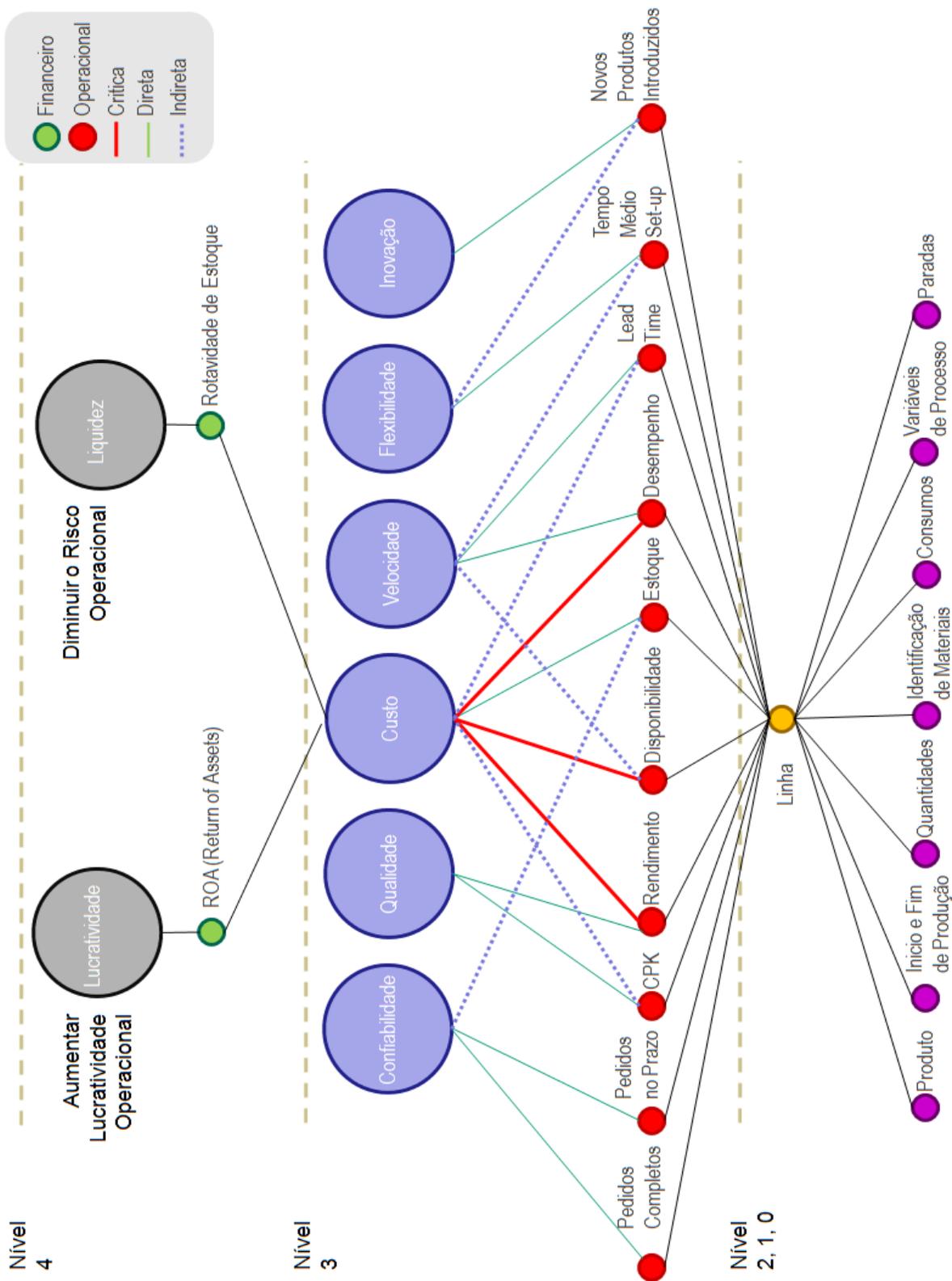


Figura 25 – Estrutura Hierárquica de Indicadores.
 Fonte: Gestores da empresa analisada

$$\text{Eficiência Geral} = \text{DE} \times \text{PO} \times \text{QP},$$

em que, DE é Disponibilidade do Equipamento, PO é a Performance Operacional e QP a Qualidade dos Produtos, obtido por meio das seguintes relações:

$$\text{DE (\%)} = \frac{\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo total parado}}{\text{Tempo total disponível}} \times 100$$

$$\text{PO (\%)} = \frac{\text{Qtd. Total Produzida}}{\text{Qtd. por Ciclo Ideal} \times \text{Tempo total produzindo}} \times 100$$

$$\text{QP (\%)} = \frac{\text{Qtd. Total Produzida} - \text{Qtd. Refuga}}{\text{Qtd. Total Produzida}} \times 100$$

Figura 26 – Algoritmo de Calculo Eficiência Geral.

Fonte: Gestores da empresa analisada

$$\text{Retorno sobre Ativos Atual} = \frac{\text{Recursos Ganhos Pelo Uso dos Ativos} - \text{Recursos Gastos para Manter os Ativos}}{\text{Recursos Gastos Para Comprar os Ativos}}$$

Equação Simplificada

Figura 27 – Algoritmo de Retorno sobre Ativos.

Fonte: Gestores da empresa analisada

Com base nesta etapa verificou-se que os gestores estimam que estejam conseguindo 73% de Eficiência Global e, na sua maneira de perceber, a informação relativa ao indicador não são confiáveis para suportar decisões de melhoria de processo. A fim de eliminar a barreira apresentada, foi solicitado aos gestores que atribuíssem um grau de dependência, alto, médio ou baixo, para a arquitetura de sistemas com foco na execução da Produção. Como resultado, obteve-se o entendimento de que, para os gestores, a dependência de arquitetura de sistemas mais acertada é condição básica para a eliminação das barreiras, que não podem ser contornadas através de procedimentos, treinamentos e/ou aumento de pessoas dedicadas aos apontamentos realizados.

4.4 Definir as funcionalidades MES correspondentes

Uma vez estabelecida a correlação Indicadores e Objetivos de Desempenho, bem como, a dependência de sistema para maximizar o desempenho dos indicadores os seguintes resultados foram obtidos com a execução dos passos da etapa final do modelo:

- Projetar cenários com o fim da barreira – Para cada um dos indicadores relacionados os gestores forneceram projeções otimistas, pessimistas e ponderadas de evolução do valor atual com a eliminação das barreiras. A análise foi estendida a todos os indicadores com objetivo novamente de mitigar a possibilidade de ignorar algum ganho significativo, relacionado a outro objetivo, não eleito como FCS que demande uma reavaliação das conclusões (Tabela-16). Desse exercício concluiu-se que é possível, na visão dos gestores, melhorarem em 2% a disponibilidade, 1% o desempenho e 1% o rendimento na visão ponderada, caso sejam eliminadas as barreiras de informação;
- Apresentar cada funcionalidade do MES – utilizando material disponível sobre as funcionalidades do MES o autor instruiu os participantes sobre o propósito de cada funcionalidade. Para tanto o ponto de partida foi a seleção do modelo funcional de referência para a camada MES. O modelo funcional da MESA foi o escolhido como referência (Figura 27).
- Identificar funcionalidades do MES correspondente – foi instruído pelo autor que as melhoras esperadas nos indicadores podem ser obtidas de forma preventiva ou corretiva com as funcionalidades da camada MES. De forma preventiva a utilização de uma solução de software para execução do **Gerenciamento de Processo** obriga a operação a adotar o fluxo de processo definido limitando variabilidades de processo. De forma corretiva a **Análise de Performance** com **Aquisição de Coleta de Dados** automática fornece aos gestores o suporte para a reação a desvios e a tomada de decisão com relação a implantação de melhorias no processo.
- Selecionar as funcionalidades MES a serem implantadas - Em continuidade, com base nessas instruções os Gestores optaram por priorizar a implantação da **Análise de Performance** com **Aquisição de Coleta de Dados**, visando uma construção de uma base de conhecimento a ser utilizada para a implantação do **Gerenciamento de Processo**.

Tabela 16 – Matriz de Análise de Indicadores estado atual.

Indicador	Meta	Valor Atual	Algoritmo	Objetivo	Informação é uma Barreira?	Causa Raiz	Dependência	Projeção			Funcionalidade
								Otimista	Pessimista	Ponderada	
Disponibilidade dos Equipamentos (Availability)	92%	90%	$\frac{\text{Tempo Disponível} - \text{Parado}}{\text{Tempo Disponível}}$	Custo Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta	92%	92%	92%	Análise de Desempenho
Desempenho dos Equipamentos (Performance)	87%	86%	$\frac{\text{Qtd. Produzida}}{\text{Qtd. Por Ciclo} \cdot \text{Tempo Produtivo}}$	Custo Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta	87%	86%	87%	Análise de Desempenho
Rendimento (Yield)	95%	94%	$\frac{\text{Qtd. Produzida} - \text{Refugada}}{\text{Qtd. Produzida}}$	Custo Qualidade	Acurada	Sistemas	Alta	95%	94%	95%	Análise de Desempenho
CPK	1,33	1,00	$\frac{\text{LSE} - \bar{X}}{3\hat{\sigma}} \cdot \frac{\bar{X} - \text{LIE}}{3\hat{\sigma}}$	Qualidade Custo	Acurada	Sistemas	Alta	3%	4%	3,5%	
Tempo médio em minutos para trocas (Set-up Time)	45	60	$\frac{\Sigma \text{Tempo de Setup}}{\Sigma \text{frequência de Trocas}}$	Flexibilidade Velocidade	Acurada	Sistemas	Alta	30	45	38	
Novos produtos lançados (New Product Introduction)	30	30	$\Sigma \text{Novos Produtos}$	Inovação Flexibilidade	Acurada	Sistemas	Alta	32	30	31	
Pedidos entregues no prazo (on Time)	92%	86%	$\frac{\Sigma \text{pedidos no Prazo}}{\Sigma \text{Pedidos}}$	Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta	90%	88%	89%	
Pedidos completamente atendidos (in Fill)	78%	76%	$\frac{\Sigma \text{pedidos Completos}}{\Sigma \text{Pedidos}}$	Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta	80%	78%	79%	
Dias de Estoque (Day of Stock -DOS)	-52	48	$\frac{\text{Estoque Material em Processo}}{\text{Consumo Diário}}$	Custo Confiabilidade	Acurada	Sistemas	Alta	44	46	45	
Tempo de Aproveitamento dias (Lead Time)	4	4	$\text{Dt Fim Prod. - Dt. Início Prod.}$	Velocidade Custo	Acurada	Sistemas	Alta	3	4	3,5	

Fonte: Gestores da empresa analisada

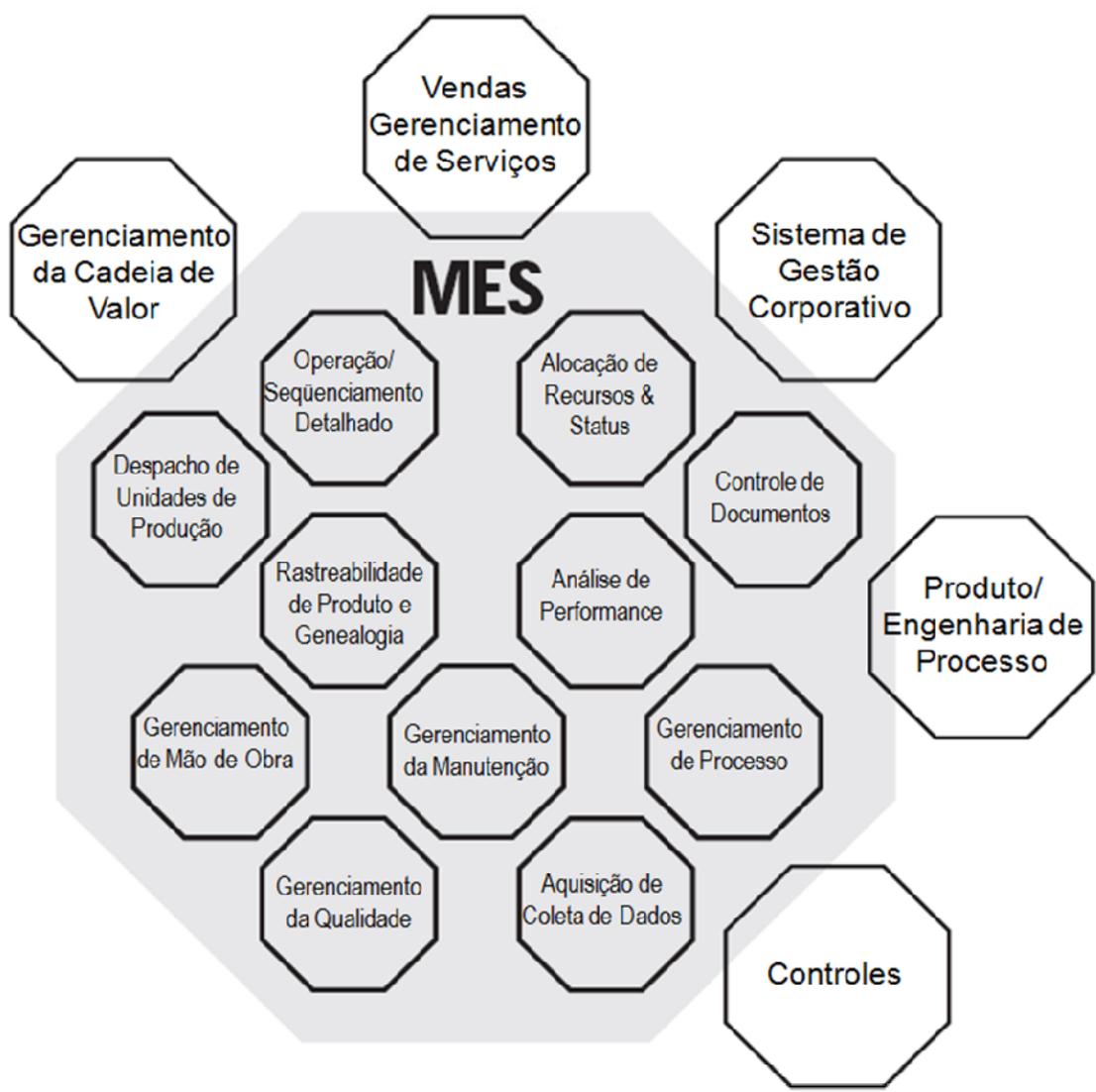


Figura 28 – MES Modelo de Referência Adotado.
Fonte: MESA

4.5 Resultado da Aplicação do Modelo Proposto

A utilização do modelo neste caso ilustrou de forma empírica a viabilidade de uso da ferramenta, preservando a consistência das interações necessária para a seleção de aplicações na camada MES, devidamente alinhadas com os objetivos de negócio da Produção, definindo objetivos quantitativos a serem atingidos com as aplicações selecionadas pelos gestores. O modelo corresponde assim às expectativas em relação a uma ferramenta que contribua para se estender a Governança de TI até o chão-de-fábrica.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi proposto um mecanismo para estender os limites da Governança da Tecnologia de Informação em indústrias desde o nível administrativo até o chão de fábrica endereçando o processo de planejamento de investimentos na camada MES.

A pesquisa proposta sobre a ampliação dos limites da Governança de TI até o chão de fábrica, endereçando o processo de alinhamento do MES, propiciou a oportunidade de revelar conhecimentos e práticas gerados pela pesquisa de campo dentro da realidade brasileira e revisão da bibliografia. O contexto descrito, tanto para verificar aspectos ligados ao MES como na apreciação da viabilidade do modelo construído pelo autor deste trabalho para o alinhamento do uso desta tecnologia em empresas industriais com a Governança de TI, permite relacionar algumas conclusões diante dos objetivos definidos na investigação.

Em termos do significado do MES para os profissionais de Tecnologia da Informação e de Engenharia de Automação na Governança de TI, ele se apresenta dentre as três primeiras tecnologias de todas as sugeridas com a mesma finalidade, salientando, inclusive, a importância que o MES vem assumindo ao tratar-se deste assunto. A sua implantação tendo sido motivada, segundo a visão das 50 empresas pesquisadas, em primeiro lugar, pelo fator custo, seguido da busca pela qualidade.

Das variáveis e múltiplas categorias selecionadas para o estudo, procurou-se a correlação entre a variável Importância do MES com Nível de Automação Industrial, Nível de ERP, Idade de Automação Industrial e Idade de ERP. A análise estatística efetuada permitiu concluir que não há correlação da Importância do MES com cada uma das demais variáveis. Esta falta de correlação sugere que implantar a camada MES não é necessariamente o próximo passo em termos de investimentos somente nas empresas que possuem ambiente adequado, uma vez existem aquelas que priorizam esta tecnologia, mesmo não possuindo condições ambientais esperadas para tanto.

O modelo de alinhamento do MES em empresas industriais caracterizou-se por compreender 3 etapas construídas com base em diferentes áreas do conhecimento: Engenharia de produção, Automação Industrial Tecnologia da Informação e Administração. Este conjunto

de etapas descreve a aplicação da ferramenta com o pressuposto de tomada de consciência da organização sobre a importância do tema.

A análise do modelo proposto foi realizada em uma empresa do segmento alimentício com o uso de um workshop. As atividades envolveram gestores de Produção, Planejamento, Qualidade, Engenharia, Manutenção e TI. A utilização do modelo ilustrou de forma empírica a viabilidade do seu uso, preservando a consistência das interações necessária para selecionar as aplicações na camada MES, alinhadas com os objetivos de negócio da Produção. Os resultados obtidos atendem as expectativas de uma ferramenta no sentido de se estender a Governança de TI até o chão-de-fábrica.

A pesquisa se apresenta como ponto de partida para outros trabalhos como:

- Construção de uma estrutura de Indicadores Operacionais a serem utilizadas na indústria, com base em pesquisa setorial de práticas adotadas;
- Avaliar nas empresas que planejam implantar o MES, como o processo está sendo conduzido e quais são as funcionalidades planejadas;
- Avaliar nas empresas que já possuem o MES quais foram às funcionalidades adotadas e os ganhos obtidos;
- Transformação do modelo de alinhamento como parte de uma ferramenta de planejamento para camada de Nível-3, suportando as decisões ligadas às modificações no processo, na arquitetura de sistemas, automação e organização de suporte, de forma a mitigar problemas de implantação do MES;

O modelo apresentado é tanto uma referência para a criação de outras ferramentas, quanto um “primeiro passo” para os trabalhos futuros focados na Extensão da Governança de TI até o Chão de Fábrica que deixamos como sugestões.

REFERÊNCIAS

ANSI/ISA-95.00.01-2000. Enterprise-Control System Integration - Part 1: Models and Terminology. The Instrumentation, Systems, and Automation Society. North Carolina: Instrument Society of America, 2000, p. 19-40.

ANSI/ISA-95.00.03-2005. Enterprise-Control System Integration - Part 3: Activity Models of Manufacturing Operation Management. The Instrumentation, Systems, and Automation Society. North Carolina: Instrument Society of America, 2005, p. 20.

ANSI/ISA-TR99.00.01-2004. Security Technologies for Manufacturing and Control Systems. The Instrumentation, Systems, and Automation Society. North Carolina: Instrument Society of America, 2004.

ANSI/ISA-TR99.00.02-2004. Integrating Electronic Security into the Manufacturing and Control System Environment, Systems, and Automation Society. North Carolina: Instrument Society of America, 2004.

ANDRADE, A.; ROSSETTI, J. P. **Governança Corporativa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

APPOLINÁRIO, F. Dicionário de Metodologia Científica: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2004.

ARC Advisory Group. Collaborative Manufacturing Management Strategy. ARC Advisory Group, Boston, nov-2002.

CARVALHO, F. D de et al. Sistema PIMS: Conceituação, Usos e Benefícios. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 1, n. 4, p.1-5, jun. 2005. Trimestral.

CARVALHO, M. M. et al, O Papel da Tecnologia da Informação (TI) na Estratégia das Organizações. **Gestão & Produção**, São Paulo, v.8, n.2, p.160-170, ago. 2001.

CASTRUCCI, P. B. L.; MORAES, C. C.; Engenharia de Automação. LTC-Livros Técnicos e Científicos, 2.ed. São Paulo: 2007.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. *Metodologia Científica*. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CHASE, R. B.; AQUILANO, N. J.; JACOBS, F. R.. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FAVARETTO, F.. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. 2001. 235 f. Tese (Doutor) - Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001.

FÁVERO, L. P., et al **Análise de dados e modelagem multivariada para tomada de decisão**. Rio de Janeiro: Campus, 2009.

FERNANDES, A.; ABREU, V.. **Implantando a Governança de TI**. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

FERRAZ JUNIOR, F.. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e supervisão para o processo de torneamento**. 2002. 94 f. Dissertação (Mestre) - Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

GAIDZINSKI, V. H.. **A Tecnologia da Informação no chão de fábrica: as novas ferramentas e a gestão integrada da informação**. 2003. 153 f. Dissertação (Mestre) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GIL, A. C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRÜN, R.. Atores e ações na construção da Governança Corporativa brasileira. **RBCS**, São Paulo, v. 18, n. 52, p.139-161, jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092003000200008>. Acesso em: 12 jan. 2009.

HARMON, S.. **Reinventando a Fábrica II**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JENSEN, M. C.; MECKLING, W. H.. Theory of the firm: managerial behavior, agency cost and capital structure. **Journal of Financial Economics**, Rochester, p. 305-360. Oct. 1976.

JUNQUEIRA, G. S.. **Análise das possibilidades de utilização de sistemas supervisórios no planejamento e controle da produção.** 2003. 143 f. Dissertação (Mestre) - Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

LAURINDO, F. J. B.. **Estratégia para competitividade.** São Paulo: Futura, 2005.

LETHBRIDGE, E.. Governança Corporativa. **Revista Bndes**, Brasília, n. 8, p.1-16, 1 dez. 1997. Disponível em: <<http://www.-bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev809.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2009.

LOPES, C.. **O que é Governança Corporativa?** 13 de abril de 2006. Disponível em: <[imasters.uol.com.br/artigo/3941/governanca/o_que_e_governanca_corporativa/](http://masters.uol.com.br/artigo/3941/governanca/o_que_e_governanca_corporativa/)>. Acesso em: 12 jan. 2009.

MESA.ORG. MES Explained: A High Level Vision for Executives. MESA White Paper: Setembro, 1997, 24p.

MESA.ORG. MESA's Next Generation Collaborative MES Model. 2004. MESA White Paper: Maio, 2004.

MESA.ORG. Metrics that Matter: Uncovering Control KPIs that Justify Operation Improvements. MESA White Paper: Outubro, 2006.

MESA.ORG. MESA Metrics that Matter Guidebook & Framework . MESA Guidebook: Outubro, 2006.

OHNO, T.. **O sistema Toyota de Produção:** Além da Produção de Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAIVA, E. L.; CARVALHO JUNIOR, J. M.; FENSTERSEIFER, J. E.. **Estratégia de produção e de operações.** Porto Alegre: Bookman, 2004.

PINE, B. J.; VICTOR, B.; BOYNTON, A. C.. Making mass customization work. **Harvard Business Review**, Boston, v. 71, n. 5, p.108-118, Oct. 1993. Bimestral.

PORTER, M.; MILLAR, V.. How Information Gives you Competitive Advantage. **Harvard Business Review**, Boston, v. 63, n. 4, p.149-160, Aug. 1985. Bimestral.

PORTO, A. J. V. et al. Virtual Manufacturing: concepts and challenges. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 9, n. 3, p.297-312, Dec., 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2002000300007&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 ago. 2006.

PUPO, M. S.. **Interface Homem Máquina para a supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestre) - Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

ROCKART, J. F.. Chief Executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, Boston, v. 57, n. 2, p.81-92, abr. 1979. Bimestral.

SKINNER, W.. Manufacturing: Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, Boston, v. 47, n. 3, p.136-145, June. 1969. Bimestral.

SLACK, N.. **Vantagem Competitiva na Manufatura**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, E.. Metodologia Científica: lógica, epistemologia e normas. São Paulo: Atlas, 2003.

SOUZA, M.; PEREIRA, S. L.. Tecnologia da Informação como ferramenta de suporte a decisão e gestão nos processos de automação das instalações operacionais de saneamento. In: INDUSCON – CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS. 8. Poços de Caldas. IEEE/IAS. 2008. Disponível em: <<http://www.labplan.ufsc.br/congressos/Induscon%202008/pdfs/40554.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

STICKNEY, P. C.; WEIL, L. R.. Contabilidade Financeira: Uma Introdução aos Conceitos, Métodos e Usos. São Paulo: Atlas, 2001.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A.. Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, Chichester, p. 509-533. Aug. 1997.

WEILL, P.; ROSS, J.. **Governança de TI**. São Paulo: M.Books, 2005.

APÊNDICE A – Questionário utilizado na primeira etapa da pesquisa

A qual segmento a empresa pertence? (Dado obtido diretamente do Guia Exame 500 M&M – 2005 para constituição do campo de estudo).

Codificação Setor (nominal)	código
Alimentos, Bebidas e Fumo	1
Automotivo	2
Farmacêutico, Higiene e Cosmético.	3
Material de Construção	4
Mecânica	5
Mineração	6
Papel e Celulose	7
Plástico e Borracha	8
Química e Petroquímica	9
Siderurgia e Metalurgia	10

1) Como empresa se classifica em termos de volume de faturamento? (Dado obtido diretamente do Guia Exame 500 M&M – 2005 para constituição do campo de estudo).

Codificação Faturamento – em milhões de reais (nominal)	código
Faturamento superior 5.000,00	1
Faturamento superior a 2.500,00 e inferior a 5.000,00	2
Faturamento superior a 1.000,00 e inferior a 2.500,00	3
Faturamento superior a 500,00 e inferior a 1.000,00	4
Faturamento inferior a 500,00	5

2) A empresa em termos de processo se enquadra preponderantemente como?

- () Produção por Projeto
- () Produção por Job
- () Produção por Batelada
- () Produção em Massa/Linha
- () Produção Contínua
- () Produção Mista

Codificação em termos de processo preponderante (nominal)	código
Produção por Projeto	1
Produção por Job	2
Produção por Batelada	3
Produção em Massa/Linha	4
Produção Contínua	5
Processo Misto	6

3) Como a empresa se posiciona em termos de investimento em Sistemas de Execução da Manufatura?

- Já Investe neste tipo de Sistemas
- Pretende investir dentro de um horizonte de um ano
- Pretende investir dentro de um horizonte de dois anos
- Pretende investir dentro de um horizonte de mais de 2 anos
- Não pretende investir
- Já investiu e não pretende investir neste horizonte

Codificação em termos de investimento em Sistemas de Execução da Manufatura (nominal)	código
Já Investe neste tipo de Sistemas	1
Pretende investir dentro de um horizonte de um ano	2
Pretende investir dentro de um horizonte de dois anos	3
Pretende investir dentro de um horizonte de mais de 2 anos	4
Não pretende investir	5
Já investiu e não pretende investir	6

4) Dentre os investimentos previstos em sistemas na Produção num horizonte de dois anos, ordene os itens abaixo de acordo com o grau de importância, sendo o nível 1 de maior importância?

- ERP (Enterprise Resources Planning)
- EMI (Enterprise Manufacturing Intelligence).
- PLM (Product Lifecycle Management)
- APS (Advanced Planning System)
- MES (Manufacturing Execution System)
- LIMS (Laboratory Information Management System)
- PIMS (Plant Information Management System)
- Automação Industrial (SCADA, PLC's, DCS, outros).

Classificação importância de investimento em Sistemas MES num horizonte de dois anos (nominal ordinal)	código
Não utiliza esse tipo de sistemas	0
Primeiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	1
Segundo lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	2
Terceiro lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	3
Quarto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	4
Quinto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	5
Sexto lugar em relação aos demais sistemas sugeridos	6
Não tem importância dentro deste horizonte	7

5) Em qual ordem de prioridade os objetivos abaixo serão atendidos com os investimentos previstos em Sistemas no Suporte à Execução da Manufatura, sendo 1 o de maior prioridade?

- Custo
- Flexibilidade
- Qualidade
- Confiabilidade
- Velocidade
- Inovação

Codificação para seleção de principal motivador para investimento em Suporte à Execução da Manufatura. (nominal)	código
Custo	1
Flexibilidade	2
Qualidade	3
Confiabilidade de Entrega	4
Velocidade de Produção	5
Inovação em Termos de Produtos	6
Não investe nesse tipo de sistemas	0

6) Como você qualificaria o nível de automação Industrial de sua companhia?

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

Classificação para nível de Automação Industrial (nominal ordinal)	código
Não automatizado	1
Pouco automatizado	2
Razoavelmente automatizado	3
Bem automatizado	4
Totalmente automatizado	5

7) Como você qualificaria o nível de implantação de sua plataforma de ERP?

- 0%
 25%
 50%
 75%
 100%

Classificação para nível de implantação do ERP (nominal ordinal)	código
Não implantado	1
Pouco implantado	2
Razoavelmente Implantado	3
Bem implantado	4
Totalmente implantado	5

8) Há quanto tempo foram feitos os principais investimentos em automação Industrial?

- Feitos há menos de 1 ano
 Feitos há mais de 1 ano e menos que 3 anos
 Feitos há mais de 3 anos e menos de 5 anos
 Feitos há mais de 5 anos e menos de 7 anos
 Feitos há mais de 7 anos

Classificação quanto idade dos principais investimentos em automação Industrial (nominal ordinal)	código
Feitos a menos de 1 ano	1
Feitos a mais de 1 ano e menos que 3 anos	2
Feitos a mais de 3 anos e menos de 5 anos	3
Feitos a mais de 5 anos e menos de 7 anos	4
Feitos a mais de 7 anos	5

9) Há quanto tempo foram feitos os principais investimentos em ERP?

- Feitos há menos de 1 ano
 Feitos há mais de 1 ano e menos que 3 anos
 Feitos há mais de 3 anos e menos de 5 anos
 Feitos há mais de 5 anos e menos de 7 anos
 Feitos há mais de 7 anos

Classificação quanto idade dos principais investimentos em automação Industrial (nominal ordinal)	código
Feitos há menos de 1 ano	1
Feitos há mais de 1 ano e menos que 3 anos	2
Feitos há mais de 3 anos e menos de 5 anos	3
Feitos há mais de 5 anos e menos de 7 anos	4
Feitos há mais de 7 anos	5

APÊNDICE B – Roteiro de desenvolvimento do workshop na segunda etapa da pesquisa

1. Atividades preparadoras:

- a) Definição de data, horário e carga de trabalho.
- b) Escolha do local do workshop.
- c) Seleção de ferramentas e material de infra-estrutura.

2. Atividades executoras:

- a) Recepção do grupo de trabalho.
- b) Apresentação do autor e dos objetivos da proposta para a execução dos trabalhos.
- c) Desenvolvimento do modelo de alinhamento do MES, diante da realidade do cliente na ótica dos gestores.
- d) Conclusão dos trabalhos.
- e) Agradecimentos